

*Профессор*  
**Н. С. НЕСТЕРОВ**

**ОЧЕРКИ  
ПО  
ЛЕСОВЕДЕНИЮ**



ВОЛОГОДСКАЯ  
ОБЛАСТНАЯ  
БИБЛИОТЕКА

ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
ИЗДАТЕЛЬСТВО  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

*Москва.*  
1960

## ПРЕДИСЛОВИЕ

(К посмертному изданию)

Профессор Николай Степанович Нестеров (4 ноября 1860 г.—30 мая 1926 г.)—один из наиболее выдающихся деятелей русской лесоводственной науки, один из ее корифеев, заложивший основы учения о лесе и обогативший науку многими важными исследованиями и открытиями.

Более 40 лет он трудился на поприще лесоводственной науки и практической деятельности (36 лет в Петровской земледельческой и лесной академии, теперь Московская ордена Ленина Сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева).

Н. С. Нестеров—питомец лесного отделения этой академии (27 октября 1880 г.—27 октября 1884 г.). За успехи и исключительные способности он был оставлен при кафедре лесоводства академии у проф. М. К. Турского для подготовки к научной работе. В 1886—1890 гг.—ассистент этой кафедры, а затем, после смерти М. К. Турского (16 сентября 1899 г.),—профессор кафедры лесоводства. Здесь в течение 26 лет он провел все свои экспериментальные научные работы, умело и плодотворно сочетая: науку, педагогику, производственную лесную деятельность, широкие экспериментальные исследования в работах по гидрологии, акклиматизации, семеноводству и лесоведению, а также издательскую и общественно-научную деятельность.

Н. С. Нестеров—выходец из трудовой крестьянской семьи, родился и провел свое детство среди северных лесов бывшей Вятской губернии (Кировская область). Он по справедливости может быть назван «лесным Ломоносовым», так как его жизненный путь во многом напоминает ломоносовский.

Сначала он учился в Красноуфимском ремесленном училище, где дети бедняков могли обучаться бесплатно. По окончании училища Николай Степанович сдал экзамен экстерном на аттестат зрелости. Из его рассказов известно, что когда он начал учиться в академии, то очень нуждался материально. Крестьянский сын, пробивавший сам себе дорогу к образованию, придя в академию того времени, не мог даже снять себе койку и вынужден был жить некоторое время на чердаке конюшни, недалеко от академии. Летом из-за тяжелого воздуха, проникавшего из конюшни, жить там было трудно. Он положил через окно в крыше конюшни доску на старую суковатую сосну, которая росла рядом, и устроил в кроне ее на сучьях некоторое подобие постели для отдыха и сна и в хорошую погоду переселялся на ночь в свое «гнездо». Товарищи, учившиеся вместе с ним, в шутку прозвали его за этот образ жизни «сычом». «Прозвище это,—смеясь, вспоминал Николай Степанович,—сохранилось за мной в товарищеской среде студентов Отделения на долгое время».

С 1891 по 1894 г. Николай Степанович работал начальником эксплуатационного отделения, а с 1894 по 1899 г.—начальником статистического отделения лесного департамента Министерства земледелия и государственных имуществ.

Николай Степанович не любил царский лесной департамент, в котором царило низкопоклонство и консерватизм, где важные чиновники не поддерживали идей и работ таких ученых, каким был Николай Степанович.

По его же свидетельству, будучи уже на кафедре в академии, он после одной ссоры при посещении лесного департамента дал слово никогда в нем не бывать больше—и сдержал его. Причиной ссоры послужило то, что один важный чиновник этого учреждения в одно из посещений оскорбительно заметил Н. С. Нестерову, что он «неприлично одет» (в департамент в то время лесоводу надо было являться в парадном форменном мундире, со шпагой и треуголкой, в белых перчатках, а Н. С. Нестеров приехал в обычном профессорском костюме) и что в следующий раз он не примет его в таком виде.

Для правильного представления о прогрессивной деятельности Н. С. Нестерова в царское время небезынтересно узнать лесоведам об одном случае его жизни, рассказанном М. Г. Здориком, непосредственным свидетелем этого случая.

Н. С. Нестеров был участником XI Всероссийского лесного съезда в г. Туле. По окончании работы съезд решил посетить и приветствовать Льва Николаевича Толстого, жившего в своем имении «Ясная Поляна» в опале и отлученным от церкви. Решено было всем желающим участникам съезда отправиться к Толстому пешком из Тулы 2 августа 1909 г. На съезде были выбраны два делегата, которым поручалось сказать приветствие Л. Н. Толстому. Одним из них был Н. С. Нестеров.

Узнав об этом решении съезда, тульский губернатор решил сорвать посещение лесоведами Л. Н. Толстого и пригласил Н. С. Нестерова и второго делегата на «обед у губернатора Тульи». Обед этот, само собой разумеется, был назначен в те же часы, в которые должна была состояться встреча лесоводов с Л. Н. Толстым.

Лидерам экскурсантов для посещения Толстого пришлось выбирать: или к Толстому с лесоведами, или к губернатору на «званный обед». Н. С. Нестеров выбрал первое и с 120 делегатами съезда отправился к Л. Н. Толстому.

По свидетельству М. Г. Здорика (участника этой экскурсии к Л. Н. Толстому), Н. С. Нестеров обратился с приветствием к писателю, начав его словами:

«Великий бытописатель земли русской!

Члены XI Всероссийского лесного Съезда, собравшись из глуши лесов с разных концов Европейской России и Сибири, не могли удержаться от страстного желания видеть Вас и принести глубокое приветствие и поклон великому мыслителю. Мы счастливы видеть Вас и выражаем горячее, задушевное пожелание, чтобы еще долго-долго раздавалось Ваше гневное слово на благо человечества»\*.

Н. С. Нестеров на фоне мировоззрений того времени выделялся свежестью и прогрессивностью своих идей, крешкой любовью к родной русской природе и в особенности к лесам нашим. Но любовь его была разумной: любовью тонкого художника, любовью мудрого ученого и любовью верного сына трудового народа, плотью от плоти которого он был сам и для которого лес был не только «запасом древесины в кубометрах» или местом для спортивной охоты, а источником общественных благ и родной, любимой внешней

---

\* Текст выступления со слов «Члены XI ... съезда» и далее цитируется по тексту заметки, написанной Н. С. Нестеровым и напечатанной в журнале «Лесопромышленный вестник» № 32 от 13 августа 1909 г.

средой жизни. В этой среде он родился и жил, находя для себя пищу, защиту от засух и непогоды, средства восстановления здоровья и все остальное, что ему было необходимо для жизни.

И поэтому совершенно не случайно, что научные работы Н. С. Нестерова по лесоведению также велись самобытно и освещались одной основной идеей—изучать лес в таком направлении, чтобы лучше и глубже понять его значение для жизни трудового народа, научиться повышать его полезности и управлять ростом и развитием леса так, чтобы стать в полном смысле заботливым и разумным хозяином родных лесов, бережно и с любовью их использовать на благо людей и государства во всех направлениях более продолжительное время.

Леса—это могучий живой растительный комплекс, они защищают почвы сельскохозяйственных угодий от разрушения и уничтожения, охраняют водные богатства страны (реки, озера, источники) и регулируют климат.

Леса—это прекрасная по условиям среда для жизни миллионов трудящихся людей, это защита населенных пунктов, садов и полей, водных, железнодорожных и шоссейных путей транспорта от засух и суховеев, зимних буранов и холодов, пыльных бурь и т. п.

Наконец, леса—это лучшая среда для жизни множества полезных для человека диких зверей, птиц, пищевых, лекарственных и технических растений, грибов—это «кладовая» многих ценных сырьевых продуктов нашего народного хозяйства.

Особо важное значение леса имеют как водоохраннй, почвозащитный, климаторегулирующий и санитарно-гигиенический фактор. Изучение их, а тем более ведение в них правильного хозяйства должно быть организовано на принципах теснейшего комплексирования с сельским и водным хозяйством страны, а также с рядом других отраслей народного хозяйства.

Эта идея раньше всего родилась и развилась в стенах Петровской земледельческой и лесной академии, а затем поддерживалась и развивалась научными деятелями Московского сельскохозяйственного института и ТСХА (Вильямс, Турский, Нестеров, Высоцкий и др.), создавшими новую научную школу.

Оригинальной особенностью научной деятельности и мышления Н. С. Нестерова является его умение сочетать изучение лесов и лесного хозяйства не ведомственно, не в отрыве от других отраслей народного хозяйства и не академически, как обособленный естественноисторический объект «биоценоз», а в тесной связи лесов и лесного хозяйства прежде всего с сельским хозяйством, а также и с лесной промышленностью. Доказательством этого являются оставленные потомству научные труды Н. С. Нестерова и его редакторская и издательская деятельность.

Такого подхода к изучению вопросов лесоведения и лесного хозяйства мы, к сожалению, не находим у многих других выдающихся деятелей лесоводственной науки прошлого времени, это является самобытной особенностью научной деятельности Н. С. Нестерова, весьма прогрессивной и созвучной современным идеям лесоведения и лесоводства.

На программе и методах научных работ Н. С. Нестерова весьма отразилось влияние той научной школы, которая сформировалась в стенах бывшей Петровской земледельческой и лесной академии и которая затем развивалась в Тимирязевской сельскохозяйственной академии.

Всюду в работах по лесоведению Н. С. Нестерова читатель видит его твердый взгляд на наши леса не только как на «запасы древесины в кубометрах», а как на могучий и сложный природный живой растительный комплекс, изменяющийся во времени, развивающийся и оказывающий постоянное и огромное влияние на сельское хозяйство, промышленность и на естественноисторические условия всей жизни трудящихся людей.

Труд Н. С. Нестерова «Очерки по лесоведению» написан четверть века назад—в первый период жизни Советского государства и содержит резуль-

таты главным образом дореволюционных исследований в лесоводстве. Однако он до сих пор не утратил научной, теоретической ценности, благодаря прав льному материалистическому методу, примененному автором при проведении научных исследований, и глубине выполненных им экспериментов, а также новизне идей и мыслей, высказанных им.

Самобытность его научных исследований хорошо выявляется и в том, что он, в отличие от многих других ученых своего времени (зарубежных и отечественных), положил в России начало *экспериментальному лесоводству* и блестяще доказал в разнообразных направлениях исключительную научную и производственную ценность постановки и проведения *длительных стационарных опытов*, которые лесоводам необходимо ставить в различных направлениях. В течение четверти века проводя свои эксперименты на небольшой экспериментальной площади—всего лишь около 250 га лесной дачи (Петровская лесная дача), расположенной в южной части лесной зоны СССР, Н. С. Нестеров дал удивительно глубокие и точные ответы на многие общие вопросы гидрологии леса, взаимосвязей между древостоями разного состава и средой их обитания (почва, атмосфера), влияния среды на наследственные особенности лесных пород, закономерностей формирования и изменения состава древостоев в лесу, биологии и экологии целых лесных формаций и отдельных деревьев в лесных породах, их составляющих.

Примерно в одинаковые исторические сроки Н. С. Нестеров блестяще доказал в лесоводстве то, что сделал в сельском хозяйстве и особенно в садоводстве России Иван Владимирович Мичурин.

И. В. Мичурин, как нам хорошо это теперь известно, всю свою жизнь посвятил биологическим исследованиям, которые проводил на небольшом участке—всего лишь 7 га в Тамбовской области, занимаясь экспериментальными работами с плодовыми деревьями и кустарниками, а общебиологическое теоретическое и методическое значение его работ оказалось в полной мере мировым—важным и необходимым для биологической науки всего человечества.

Общими в работе для И. В. Мичурина и Н. С. Нестерова были *глубокое проникновение в сущность изучаемых явлений*, изучение этих явлений как процессов, рассмотрение их развития и взаимной связи с другими явлениями—принципиальный материалистический метод познания.

Н. С. Нестеров совершенно независимо от И. В. Мичурина и по сути дела одновременно призывал лесоводов к осуществлению таких научных работ, которые обеспечили бы власть человека над природой; он этот призыв к лесоводам выразил в одном слове «Дерзай»\*.

Оценивая значение научного познания жизни природы для практической деятельности людей и полемизируя с теми, кто пытался утверждать, что основой развития природы является «борьба за существование», Н. С. Нестеров пишет:

«Для человеческого общества должно быть иное направление развития: не столько надо человеку приспособляться к условиям существования, сколько надо создавать, приспосабливать к себе эти условия в соответствии с высшими способностями человека, для полного развития его энергии и духовных сил. Глубоко неправилен взгляд, что закон борьбы за существование, закон выживания сильного неизбежен и в человеческом обществе.

Отнюдь нет! Закон природы не предписание, а только описание! Он не командующая сила, а лишь формула—формула, выражающая однообразие или постоянство известных естественных сил, пока условия остаются без изменения.

Открываются законы природы не для повиновения им, а для контроля со стороны человека над явлениями природы и изменения их в своих интересах.

\* Г. Р. Э й т и н г е н. Николай Степанович Нестеров, стр. 27, Гослестехиздат, 1947.

Знание—величайшая сила в мире, она есть власть человека над природой!»

Как и И. В. Мичурин, Н. С. Нестеров призывает лесоводов овладеть законами развития лесных формаций и разработать приемы управления этим развитием на пользу человеческого общества.

Вот что говорит Н. С. Нестеров о типах леса, в понимании сущности которых и оценке их значения он ушел дальше по пути истинно научного познания, чем многие виднейшие в лесоводстве ученые того времени:

«Человек,—пишет Николай Степанович,—стал уже великой силой, которая управляет живой природой. И власть его быстро растет!»

«... Первобытно-основного лесорастительного покрова на земле никогда не существовало. В природе нет ничего абсолютно константного; в ней, как в калейдоскопе, вечная смена, бесостановочное движение. Поэтому не может быть и речи о постоянстве типов леса».

В настоящее время мы все больше убеждаемся в правильности этого высказывания, так как всюду наблюдаем именно такое развитие лесов в природе в целом. Такое высказывание Н. С. Нестерова в то время, когда в лесоведении целиком господствовал взгляд о постоянстве типов леса, о существовании так называемых «основных» и «временных» или «постоянных» и «производных» типов леса, по вопросу о типах леса было не только совершенно правильным и глубоко научно обоснованным, но и смелым, революционным. Н. С. Нестеров звал лесоводов к разработке активных методов по управлению развитием стихийных сил природы лесов и убеждал в том, что человек и есть та самая сила (через знание), которая становится в настоящем и будущем основной движущей силой развития и смены типов леса, от действия которой будет зависеть будущее состояние и производительность наших лесов.

Такой взгляд на типы леса совсем не тот, который мы давно уже слышали из проповеди большинства ученых в области лесоведения, утверждавших, что «временные» и «производные» типы леса возникают в лесах в результате воздействия человека и его хозяйственной деятельности, что они «не типичны» и не устойчивы. Сторонники этого взгляда старались поэтому искать в лесах для изучения и описания «постоянных» типов леса такие места, где не проявилось воздействие человека на жизнь леса и где, по их мнению, существовали настоящие «основные» или «постоянные» типы леса.

Такой подход к пониманию сущности типов леса, к методу их изучения, а также к определению идеи развития лесных формаций не способствовал изучению лесов в районах наиболее интенсивного хозяйства, где необходимо было прежде всего научно обосновать технические приемы ведения лесного хозяйства. Это направление в изучении леса часто приводило к ошибочным мероприятиям по лесоразведению и воспитанию леса.

В «Очерках по лесоведению» Н. С. Нестеров дает научно обоснованные представления по вопросам развития леса, а также по методам изучения типов леса.

Будучи биологом-материалистом и правильно понимая взаимосвязь лесных пород с внешней средой, Н. С. Нестеров смог оценить также значение и селекции в лесоводстве. В противоположность точке зрения некоторых виднейших ученых, Н. С. Нестеров считает селекцию в области лесоведения так же, как и в сельскохозяйственном производстве, великой силой, позволяющей преобразовывать состав лесов и направление развития лесов для поднятия их производительности.

Об этом он писал следующее: «Наследственность и искусственный отбор (выбор подходящих рас, отбор семян и лучших особей и скрещивание)—две основы, на которых достигнуты колоссальные успехи воспитания культурных растений и домашних животных».

Лишь при развитии научной деятельности в этом направлении может быть надлежаще разрешена задача рационального лесного использования

многих типов среды (в степях, на солончаковых почвах, на сухих песках и т. п.). Сортоводство в лесном хозяйстве пока не имеет приложений, хотя, благодаря разнообразию климатических областей и геоботанических условий СССР, мы располагаем большим разнообразием климатических рас и разновидностей. Между тем сортоводство и селекция представляют в лесоводстве большое значение и одной из ближайших задач лесоводов, базируясь на строгом учете анатомо-морфологических особенностей объектов, является отбор тех из существующих рас, разновидностей и форм деревьев, которые отличаются выгодными свойствами (позднораспускающиеся ель и дуб, северные расы хвойных и т. д.)»\*.

Н. С. Нестеров, как и И. В. Мичурин, К. А. Тимирязев, утверждал, что изменение среды обитания приводит к изменению наследственных свойств лесных пород и что человек может поэтому управлять наследственностью лесных пород путем воспитания их в соответствующих условиях внешней среды.

Необходимо отметить богатство идей и ценность методов, которые оставил потомству Н. С. Нестеров в своих исследованиях по гидрологии леса.

Исследования Н. С. Нестерова по различным вопросам гидрологии леса проводились им в Петровской лесной даче на весьма высоком научном уровне, который в ряде случаев был выше уровня мировой науки. В этом легко убедиться, ознакомившись с содержанием отдельных глав его «Очерков по лесоведению».

Приходится только сожалеть о том, что до сих пор его исследования оставались неизвестными как у нас в стране, так и в зарубежных странах.

Они нужны для нас как по своему научному содержанию, так и с методической стороны, по длительности и глубине изучения водоохранных свойств леса. Стационарные исследования Н. С. Нестерова в Петровской лесной даче до сих пор являются наиболее оригинальными и длительными экспериментами, проведенными в нашей стране в этой области лесоводственного знания, а выводы о гидрологической роли леса прекрасно научно обоснованы.

Таким образом, в отношении подхода к изучению явлений явлений лесной природы Н. С. Нестеров разделяет принципиальные позиции Мичурина, Тимирязева и Вильямса и во многом дополняет их в области познания природы наших лесов. Поэтому изучение научного наследия Н. С. Нестерова новым поколением советских лесоводов совершенно необходимо для дальнейшей разработки правильной материалистической биологической теории жизни и развития природы.

К сожалению, первое издание замечательного труда Н. С. Нестерова «Очерки по лесоведению» вышло в свет в 1933 г.\*\*, после смерти Н. С. Нестерова, в сокращенном виде.

Мы поставили перед собой цель издать «Очерки по лесоведению» Н. С. Нестерова в полной первоначальной редакции автора, чтобы познакомить читателя с взглядами и предложениями ученого.

Ознакомившись с трудами Н. С. Нестерова, читатель сможет сравнить работы ученых других школ и сделать вывод: в чем и насколько был прав наш замечательный самобытный ученый в области отечественного лесоводства.

Мы должны гордиться тем, что прогрессивная научная мысль в лесном хозяйстве России намного опередила практику ведения дореволюционного лесного хозяйства, основанного на частнокапиталистических принципах.

Эта книга, несомненно, принесет большую пользу советским лесоводам, работающим как в науке, так и на производстве, а особенно нашей молодой смене — студентам лесохозяйственных и лесотехнических вузов страны.

*Академик ВАСХНИЛ А. С. ЯВЛОКОВ*

\* Н. С. Нестеров. Очерки по лесоведению, стр. 338.

\*\* Проф. Н. С. Нестеров. Очерки по лесоведению (сокращенное издание, стр. 247), Гослесбуиздат, 1933.



## ВВЕДЕНИЕ



Лесоводство—дитя нужды. Оно родилось, когда человек стал ощущать недостаток в лесе. Опасность лесоистощения вызвала в нем заботу о бережливом пользовании лесом и о помощи природе доставлять потребную древесину, а с другой стороны, вызвала, во-первых, стремление к учету древесины (лесной таксации), во-вторых, к облегчению доставки материалов и к экономной разработке леса (с заменой топора пилой и т. д.).

В отдаленные времена человек брал древесину готовой в природе. Эта первобытная стадия лесопользования, из которой развилось современное лесоводство, сохранилась в наше время на земном шаре в диких странах и малонаселенных местностях со слабо развитой культурой, как у нас на севере Сибири, где, наряду с звероловством и рыбной ловлей полукочевника, еще существует сбор диких древесных растений, неправильно называемый лесным хозяйством.

Лесное хозяйство не есть простой сбор того, что имеется уже готовым в природе. Это есть вид промышленности, представляющей собой обдуман-ные способы производить необходимую древесину путем разумного выращи-вания соответственных растений, содействия их улучшению, размножению и целесообразному произрастанию в потребном количестве и необходимого качества.

Основная задача лесоводства заключается в том чтобы через посредство определенных древесных растений, с помощью элементов земли, воды и воз-духа, претворять солнечную энергию в древесину, при условии наивысшей производительности процесса.

Требование наивысшей производительности древесины обуславливает необходимость выращивания деревьев не отдельными особями, что составляет предмет древоводства, а в определенных сообществах их, называемых насаждениями.

Главные цели лесного хозяйства состоят:

- 1) в производстве древесины и других продуктов леса на предмет удо-влетворения материальных потребностей человека;
- 2) в выращивании леса в целях использования климатических, гидро-логических, гигиенических, стратегических, исторических, эстетических



и других ценностей леса, имеющих значение для материального благосостояния и развития духовных сил человеческого общества.

В общем ходе эволюции лесного хозяйства человек в различной степени стремился к достижению этих двух целей, причем устанавливаются три этапа этого развития:

а) Первобытная стадия—это стадия побочного пользования лесом, когда лес ценился как место охоты, пастбы скота и бортового пчеловодства; сама же по себе древесина ценности не имела. Кроме того, лес служил человеку защитой от ветра, жары и непогоды, а также представлял при междоусобицах и стратегическое значение как место убежища и защиты от неприятеля.

б) Стадия пользования продуктами химической переработки древесины: смолой, дегтем, поташом, углем и тому подобными товарами, легко выдерживаемыми транспорт и уже доставляющими доход от древесины. В этот период меновую ценность приобрели лишь названные продукты переработки леса, но не сама древесина как громоздкий предмет; сверх того, лес имел некоторое значение, как упомянутая в п. 2 полезность, в той же форме, как и в первобытную стадию. В этот период лесного хозяйства еще не было, человек брал древесину готовую в природе, не думая о выращивании или о сбережении леса.

в) Стадия прямого пользования лесом, т. е. извлечение древесины как предмета, уже имеющего меновую ценность. Эта стадия возникла с увеличением народонаселения, с развитием промышленности и путей сообщения. Увеличение спроса на древесину, породив опасение за неистощимость лесов, вызвало заботу о бережливом пользовании и возобновлении леса; возникло производство древесины, лесное хозяйство. С открытием мирового транспорта водного и сухопутного возросли в чрезвычайной степени спрос на лес и вздорожание леса. Уменьшение же площади лесов и лесоистребление послужили основанием к ближайшему исследованию роли лесов в экономике природы, в результате чего, в интересах народного хозяйства, явилось признание определенной категории лесов защитными и водоохранными, а также заповедными.

Лесоводство имеет многие особенности, резко отличающие его от других видов человеческой деятельности.

Первая существенная особенность его заключается в длительности производства, происходящей из-за медленного роста леса. Вследствие значительного срока времени, потребного для получения спелого леса, производство древесины, или операционный период, основывается на расчетах, превышающих среднюю продолжительность жизни человека, простираясь на 80—100 лет и более, что не имеет места в полеводстве (с его одногодичным циклом операции), или в фабрично-заводском деле, или в каком-либо ином предприятии.

Такая продолжительность процесса выращивания спелого леса вносит значительные осложнения в этом хозяйстве и диктует необходимость организационного плана хозяйства, базирующегося на основных расчетах, достаточно широких и упругих, которые могли бы отвечать изменяющимся условиям времени и развитию лесного дела. Вместе с тем в лесохозяйственном строе жизни, ввиду непоправимости многих ошибок, требуется от лесного деятеля большая осмотрительность в действиях и пронизательность мысли, нередко нужна мудрость предвидения. Воспитывать ли в данном районе сосну или ель, создавать ли лес смешанный или в чистом состоянии, выращивать ли его до 80- или 120-летнего возраста и тому подобные вопросы требуют для своего разрешения огромной дальновидности.

В силу длящегося характера лесного производства, различного рода улучшения в лесовозращении (например, та или иная обработка почвы, применение минеральных удобрений, опилки сучьев и т. д.) дают эффект лишь по прошествии долгого периода времени, необходимого для обнаружения и учета действия данной мелиорации.

С такими же трудностями сопряжено и производство различных лесоводственных опытов и исследований, чем отчасти и объясняется сравнительная отсталость теории лесоводства от остальных наук. Научное лесоводство все время пользовалось преимущественно методом наблюдения. Экспериментальный же метод, давший чудеса в области естествознания, стал в лесоводстве применяться лишь в недавнее время, причем оказалось, что для его осуществления необходима организация лесных опытных станций, содержимых такой прочной социальной организацией, как государство.

Продолжительность жизни, или долговечность, леса, вызывающая вышеупомянутые осложнения в условиях производства древесины, представляет, с другой стороны, и многие положительные стороны, характерные для лесоводства.

В области лесоводства все зиждется на трудах предшественников, и каждое улучшение, всякая созидательная работа готовят благо будущего. III

Лесовод жнет то, что выращивали предки, а разводимое им пожнут лишь потомки, может быть, весьма отдаленные... Тот пиловочный лес, который потребует, например, у нас на севере через 200 лет, должен быть заложен теперь же безотлагательно... и лесовод заботится о созидании этого леса, зная, что промедление здесь грозит непоправимым вредом, так как никакими миллиардами кредитов нельзя вырастить сразу 100-летний лес.

Для всякого производства нужны три основы: земля, труд и капитал, причем капитал необходим основной (т. е. орудия производства) и оборотный (на приобретение сырья и изнашивающихся частей, на оплату труда и пр.).

Эти факторы действуют и в лесном хозяйстве, приобретая своеобразный характер и отличительные особенности.

Что касается земли, то в лесном хозяйстве выступает отличие от земледелия относительно качества земли, так как из-за глубокого укоренения деревьев имеет значение в нем не только почва, но и грунт, а равно и глубина залегания грунтовых вод.

Размер урожая в лесном хозяйстве не находится в такой роковой зависимости от погоды, как в полеводстве. Неблагоприятные метеорологические влияния отдельных лет здесь нечувствительны на величине жатвенного сбора по следующим причинам: 77

а) ствол дерева—запасное водохранилище, сводящее баланс воды в засушливые периоды;

б) глубокое укоренение деревьев, обнимающее не только почву, но и грунт, обеспечивает большое количество потребной влаги;

в) за исключением сравнительно немногих топографических условий, для деревьев доступно питание грунтовыми водами;

г) собираемый урожай древесины, в виде срубемого спелого участка, зависит не от погоды данного года, а определяется всей совокупностью влияния метеорологических факторов за целый ряд десятилетий, в течение которых произрастало срубемое насаждение. Следовательно, в лесном хозяйстве естественно происходит, так сказать, самострахование урожая.

В отношении землепользования надо отметить также экстенсивность лесного хозяйства. Доминирующую роль в нем играют силы природы, которые пока недостаточно еще управляются человеком. Теория и практика питания лесохозяйственных растений пока еще не разработаны, и лесоводство ждет своего Либиха. Искусственные минеральные удобрения в лесовозращении только что начинают, в виде опытов, применяться для изучения их влияния на произрастание деревьев.

Остановимся на втором факторе производства—труде. Несмотря на экстенсивность лесного хозяйства, необходимость приложения в нем труда и знания столь же существенна, как и во всяком предприятии.

Чем больше разумная затрата сил на пользу леса, тем выше производительность и доходность от него в настоящем или будущем.

Недостаточность приложения в лесу знания и труда неизбежно влечет за собой печальные последствия, и эти последствия у нас, в СССР, налицо:

а) Наши леса страдают крайней изреженностью из-за неправильных рубок и повреждений (ветром, огнем и насекомыми), что связано с безучастным отношением человека к лесу.

б) Наши леса страдают обилием малоценных древесных пород—осины, козьей ивы, белой ольхи, крушины и т. д.

в) Всюду расстилаются громадные пространства пожарищ и пустырей, оставшихся от рубки леса.

г) По всему пространству нашего Союза зияют, как гнойные раны, злоеющие язвы оврагов!.. Тут и там расстилается мертвая зыбь летучих песков.

д) Наконец, поражает также и расстроенность водного режима, связанная с расстроенностью лесов и лесооскудением: происходят смывы почвы с полей и других угодий, засорение судоходных рек наносами смытой земли и вместе с тем возникают порой опустошительные, внезапные наводнения при весенних и осенних паводках и обмеление рек в остальное время года.

Все это—прямые и неизбежные последствия скудного приложения технического знания и труда в лесном хозяйстве.

В земледелии для приложения труда назначается лишь небольшая часть года, тогда как в лесном хозяйстве труд может применяться в течение круглого года, и в этом отношении оно подходит к видам фабрично-заводской промышленности.

Лесное хозяйство требует весьма значительной затраты труда на сбор урожая—на долю этого труда приходится до 25—30% ценности производимого товара.

В общем при современных лесозаконоomicеских условиях лесное хозяйство требует меньшей затраты рабочей силы, чем земледелие. Если же принять в расчет и труд по обработке сырого леса в товары и по перевозке их, то разница в этом отношении между тем и другим хозяйством в значительной степени сглаживается.

Что касается капитала, то для лесного хозяйства необходим древесный запас дачи как орудие производства древесины. Это—механизм, который претворяет, с помощью элементов земли, воды и воздуха, солнечную энергию в древесину.

В отличие от земледелия лесное хозяйство требует затраты большого основного капитала (в виде древесного запаса, древесного капитала), значительно превышающего ценность самой земли.

В этом отношении оно подходит к видам крупной фабрично-заводской промышленности.

Необходимость большого древесного капитала обуславливается требованием постоянства пользования и медленностью роста леса: чтобы ежегодно эксплуатировать спелое насаждение 100-летнего возраста, скажем, в один гектар, требуется постоянная наличность в даче 99 насаждений всех возрастов, от однолетка до 99-летнего возраста, площадью один гектар каждое.

Следующая особенность лесного производства та, что спелость леса—понятие условное.

Подобной условности нет в других отраслях. Спелость продуктов, например, полеводства понятие определенное, не допускающее резких отклонений.

Физическая спелость в том смысле, в каком она применяется по отношению большинства сельскохозяйственных, огородных и садовых продуктов, не приложима для леса.

Древесина как таковая является спелой уже по окончании одногодичного периода (например, корзиночная ива), и с течением времени изменяется лишь степень ее технической пригодности, и, смотря по хозяйственным целям и условиям народного хозяйства, спелость леса является раньше и позднее.

Поэтому легко можно признать как спелые насаждения, более или менее сильно уклоняющиеся от действительно спелого леса.

Наконец, в лесу годичный прирост древесины, как продукт, который можно использовать, невозможно отличить и отделить от основной древесной массы, наличием коей на корне необходима для постоянства производства древесины определенного количества и качества, тогда как в полеводстве и в любом фабрично-заводском предприятии не представляется в этом отношении никакого затруднения.

Взять, например, даже скотоводство—отрасль, в которой прирост (приплод) хотя и совершенно так же однороден с основным капиталом—стадом, как и в лесном хозяйстве, все-таки здесь приплод легко отличим и физически отделим от этого капитала.

Между тем в лесном хозяйстве годичный прирост дачи, распределяясь по всем наличным насаждениям, неразрывно сливается с древесным запасом.

Эта особенность лесного производства, в связи с условностью спелости леса, при недостаточной организации хозяйства, открывает легкую и соблазнительную возможность чрезмерного пользования лесом за счет основного капитала.

И в действительности нередко, по неведению или бесхозяйственности, берется с участка лесной земли прирост за целые десятилетия, как бы собирается десятикратная жатва древесины.

Излишне было бы здесь останавливаться на многообразном применении древесины в качестве строительного и поделочного материала. Это применение дерева настолько велико и существенно в материальной жизни каждой страны, что без него невозможно развитие человеческой культуры. Несмотря на замену древесины железом, бетоном, камнем, минеральным топливом, нефтью, торфом и другими материалами, потребление дерева во всех государствах не только не уменьшается, а наоборот, все более и более возрастает. Так, в Великобритании за последние 50 лет среднее потребление древесины на душу возросло более чем в 2 раза, хотя государство это изобилует своим железом и каменным углем, а лесной материал получает из других стран.

В Соединенных Штатах Северной Америки среднее потребление дерева на душу, начиная с 1860 г., увеличивается за каждое десятилетие на 20—25%.

Это прогрессивное и повсеместное возрастание потребления древесины связано с расширением промышленного приложения дерева, а также вызывается и новыми применениями древесины в технике (как авиатика).

В частности, можно отметить быстро увеличивающийся спрос на дерево для нужд каменноугольной промышленности, в которой на каждые 1000 т добычи угля расходуется—дерева в среднем от 25 м<sup>3</sup> (в Германии) до 28 м<sup>3</sup> (в Англии).

В одной Германии, по данным 1913 г., на добычу 162,4 млн. т минерального угля расходуется в шахтах ежегодно дерева 3,4 млн. м<sup>3</sup> да экспортируется рудничных подпорок (в Англию и Бельгию) 1,5 млн. м<sup>3</sup>.

Итого ежегодно заготавливается в германских лесах рудничных материалов около 5 млн. м<sup>3</sup> (длиной 4—5 м при толщине 13—14 см).

При общей площади лесов в Германии 9,5 млн. га годовая добыча в них строево-поделочного леса составляет 20 млн. м<sup>3</sup>. Следовательно, на рудничные подпорки приходится 25% годовой производительности германских лесов.

В не менее колоссальных цифрах выражается потребление древесины в другой отрасли индустрии—древесно-массовой и целлюлозной, развившейся лишь за последнее полувековье. Эта индустрия вызвала для выделки бумаги такой грандиозный спрос на тонкомерный лесной материал, что ею определялись новые течения в теории и практике лесоводства; вместе с тем и в международной торговле целлюлозный лес (под названием балансы) быстро сделался выдающейся статьёй товарного обмена, значение которой

возрастает в огромном размере (балансы длиной до 2 м, в диаметре 8—22 см заготавливаются из ели, осины, липы, отчасти сосны).

В настоящее время на наших глазах рождается новая индустрия — авиатика, которая начинает предъявлять со своей стороны громадный спрос на дерево, так как на постройку пропеллеров и некоторых других частей аэроплана дерево по своим качествам, как показал опыт, является незаменимым материалом.

Помимо непосредственной материальной ценности, лес по природе своей как комплекс растений представляет собой целый ряд в высшей степени важных ценностей: в климатическом, гидрологическом, стратегическом, историческом, эстетическом и других отношениях.

Эта ценность леса имеет столь серьезное значение для человеческой жизни, что немисливо представить себе развитие цивилизации и счастье человека... на земле, лишенной лесов...



## 1. УЧЕНИЕ О НАСАЖДЕНИИ

### ПОНЯТИЕ О ДРЕВЕСНОМ СООБЩЕСТВЕ

единение деревьев в массовые скопления, в сообщества образует то, что мы называем лесом.

Деревья, живущие сообществами, сильнее противостоят неблагоприятным климатическим факторам, например инсоляции, холоду, ветру, навалу снега, ожеледи и т. д.

Общественная жизнь здесь проявляется и изменением индивидуальных свойств растений, причем складывается особый отпечаток сожительства.

Такие сообщества деревьев, определенного характера и однородные по своему хозяйственному значению, называются насаждениями.

Насаждение есть такая совокупность древесных растений, в которой обнаруживается не только взаимное воздействие их друг на друга, изменяющее их внешний облик и внутреннее строение, но также и влияние их на занятую ими почву и атмосферу.

Это есть самостоятельное целое, биологическая единица.

Любая лесная дача расчленяется на такие составные части и представляет собой анализ леса.

Термин «насаждение» напоминает посадку и искусственное образование совокупности деревьев; у французов принято слово «le repeuplement» — население, ближе отвечающее понятию о самом предмете, и по-русски для рассматриваемой совокупности деревьев лучше было бы название «стояк» или «настой», но вышеупомянутый термин в России уже сыздавна вошел в общий обиход, и поэтому менять его на иной нет основания.

Изучение условий образования, существования и строения насаждения, законов его роста и жизненных процессов, в нем совершающихся, а также его воздействия на внешнюю среду — основная задача лесоведения.

Древоводство не входит в круг лесоводства. Лесовод, во-первых, не в состоянии ухаживать за каждым деревом, и, во-вторых, самое главное — производить древесину высших технических качеств можно только лишь в насаждении.

Дерево, растущее особняком, на свободе, имеет иной облик и иные технические качества.

Например, на сооружение пропеллеров аэропланов годится грецкий орех (или серый орех), лишь выросший особняком, а отнюдь не в насаждении. Ель же, наоборот, для этой цели требуется только выросшая в полном насаждении, а одиночная ель совершенно непригодна на постойку пропеллеров.

Характерные внешние черты свободного стояния дерева (рис. 1—б):

- 1) низконасаженная, развесистая крона,
- 2) суковатость ствола,
- 3) низкорослость дерева и
- 4) сильная сбежистость ствола.

Эти особенности сохраняются в дереве и тогда, когда впоследствии, через 30—40 лет, оно окажется растущим в насаждении.

Противоположными чертами характеризуется дерево в насаждении, в сообществе: живая крона поднята очень высоко над землей, нередко начинаясь лишь на высоте  $\frac{2}{3}$  и выше от основания дерева; ствол его или совершенно чист, свободен от всяких ветвей, или же имеет лишь мертвые сучья и остатки последних; по своей форме ствол больше подходит к цилиндру, а не к конусу; высота дерева значительно больше, чем у собрата его, растущего на просторе (рис. 1—а).

Эти особенности внешнего облика складываются вследствие взаимного влияния деревьев друг на друга при произрастании их в сообществе. А с изменением формы, по учению биологии, тесно связано и изменение отравлений.

Не одними лишь внешними чертами отличается изолированно растущее дерево от своего собрата в лесу; есть в нем также ряд анатомо-морфологических и физиологических особенностей; так, у него на 10—15 лет, даже на 20 лет раньше начинается семеношение и обильнее семенная производительность; по потомство дерева в насаждении находится в первые годы в гораздо более благоприятных условиях для своего существования.

Словом, жизнь изолированного дерева глубоко отличается от жизни дерева в насаждении.

Насаждение не есть простая физическая совокупность деревьев, как куча песка, как штабель бревен на складе, а представляет собой биологическое соединение. Это—длжащееся биологическое соединение, в котором происходят большие изменения индивидуальных свойств отдельных особей, складываются глубокие черты социальной формы существования, и во всей совокупности живых деревьев получается особый отпечаток сожителства, общегития.

Насаждение представляет собой агрегат, сообщество деревьев. Хотя, по комплексу образующих его сил, это сообщество и довольно примитивно, сравнительно с человеческим обществом (в нем действуют физические силы и нет психологических), но тем не менее агрегат, имеющий свою определенную материальную структуру, складывающуюся под влиянием биосоциального фактора—взаимного воздействия особей (деревьев) друг на друга.

Структура эта обуславливается не инстинктом, не какой-либо психической силой, а иными факторами, а именно:

- 1) ростом особей, образующих совокупность;
- 2) индивидуальной изменчивостью их;
- 3) приспособлением их как между собой, так и к среде;
- 4) способностью размножения деревьев и
- 5) продолжительной совместной жизнью их на одном и том же месте

вследствие оседлости, неподвижности деревьев, или неспособности их перемещаться.

При этом из-за роста и неподвижности особей возникает прежде всего физическое (механическое) их взаимодействие, проще говоря—теснота места, подобная быломu крестьянскому малоземелью.

Всякая лесная дача есть собрание древесных сообществ или лесонасаждений, различающихся между собой по возрасту, составу, полноте, происхождению и другими лесоводственными признаками.

Каждое из этих древесных сообществ представляет собой единицу.

Как совокупность живых деревьев, насаждение является сложной механической системой, которая дает деревьям возможность поддерживать свою жизнь и оставлять после себя потомство. Система эта находится в строгом

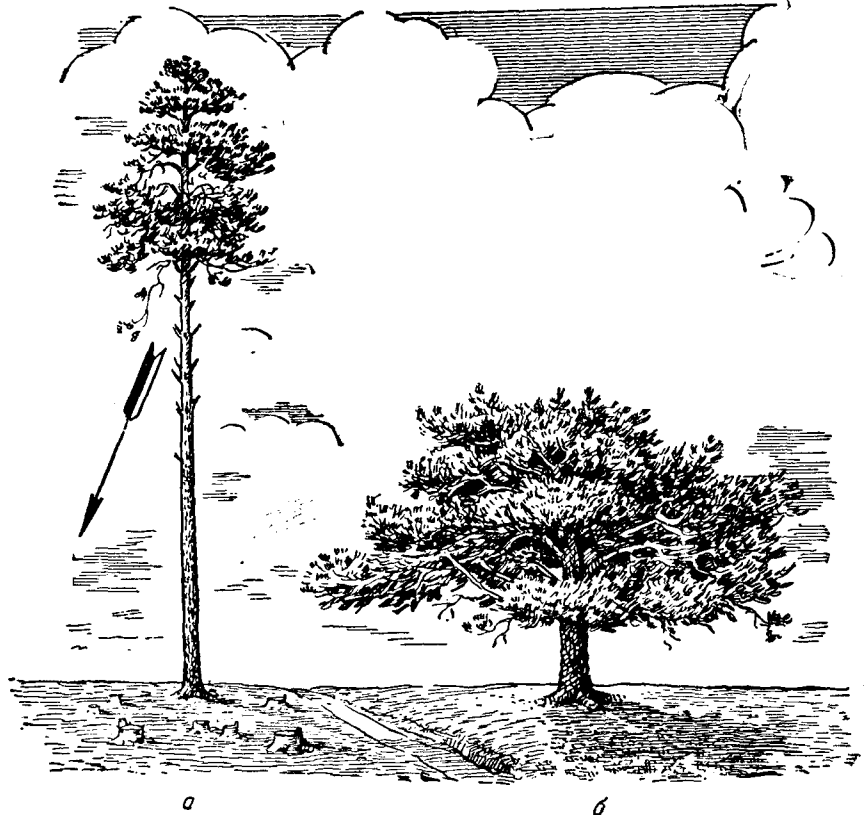


Рис. 1.

соответствии с окружающей средой. Под влиянием среды (света, тепла, электричества, силы тяжести и пр., в частности, ветра), по принципам механики, складывается определенная архитектура насаждения, соответственная форме древесного ствола и корневого аппарата, анатомия древесины и пр., словом—складывается все материальное строение дерева и насаждения.

Механическая система эта отличается, во-первых, закономерностью распределения деревьев по их толщине, высоте (рис. 2 и 3), форме стволов и т. д. и, во-вторых, приспособленностью деревьев друг к другу и к внешней среде.

Закономерность эта есть следствие правильности хода индивидуальной изменчивости деревьев, живущих в сообществе, а приспособленность осуществляется естественным отбором, т. е. выживанием наиболее приспособленных.

Разумеется, в зависимости от энергии роста и долговечности деревьев структура насаждения, как результат динамических процессов, не постоянна, как в машине, а представляется непрерывно изменяющейся по определенным законам, и в этой особенности заключается весьма крупное, глубокое отличие насаждения от механизма, от машины.

Итак, насаждение есть самая примитивная стадия биологического сообщества, представляющего собой преимущественно механический агрегат. Подобные этому агрегаты наблюдаются и среди некоторых животных, но сходство это лишь внешнее; по существу же в животных агрегатах, т. е. в массовых скоплениях животных особей, связующим началом является инстинкт (которого нет у растений), а не физико-химические и слепые биологические силы, управляющие жизнью растений.



Как бы то ни было, факторы, определяющие общественную жизнь деревьев, составляют:

- 1) энергия размножения,
- 2) сила роста,
- 3) индивидуальная изменчивость,
- 4) приспособление деревьев между собой и к среде и
- 5) неспособность их перемещаться.

Может возникнуть вопрос, сколько же нужно деревьев, чтобы образовалось насаждение? Десяток, 5—6 десятков или больше?

Пока я ограничусь лишь пояснением, что для этого нужна такая численность совокупности деревьев, при которой, если присоединить еще группу деревьев или, наоборот, исключить часть деревьев, то характеризующие совокупность средние величины таких важных признаков, как высота и грудной диаметр деревьев, останутся в том и другом случае без изменения или, точнее сказать, дадут отклонение в пределах вероятной ошибки.

Согласно эволюционному учению Дарвина, условия жизни вызывают необходимость со стороны живых существ вести борьбу за существование. Эта борьба обуславливается воспроизводительной способностью животных и растений, вследствие которой появляется на свет больше существ, чем может их выжить. Вместе с тем во всех организмах есть изменчивость, и в борьбе за существование те организмы, которые, благодаря некоторым их особенностям, лучше других приспособлены к окружающей среде, выживают и размножаются, тогда как другие, менее приспособленные, погибают. Благоприятные особенности передаются по наследству, и благодаря этому каждое последующее поколение является все более и более приспособленным к внешним условиям жизни, что и составляет сущность естественного отбора Дарвина.

В растительных сообществах, в частности в лесонасаждении, выживание приспособленных совершается в несколько иной обстановке. Насаждение живет не только индивидуально, междуособной борьбой, как рисуют себе многие, но и взаимной зависимостью всех живых существ, обитающих совместно,—живет той же связью, которая имеется и у живых существ, обитающих совместно. Крупным фактором в лесорастительном сообществе является территориальная теснота для особей, которая возникает и со временем усиливается не вследствие размножения, как в животном мире, а по причине роста особей и невозможности их перемещения.

Теснота жизни в древесном сообществе и самоизреживание возникают в нем не только по причине междуособицы, или борьбы растений, а вследствие роста всех особей, с одной стороны, и невозможности для них перемещения—с другой.

С ростом всех особей, то есть с увеличением их размеров, теснота стояния все более и более усиливается, пока не достигнет крайнего предела.

Деревья, имеющие благодаря своим индивидуальным особенностям более крупные размеры, механически теснят, давят более слаборазвитые экземпляры.

Действие ветра усугубляет этот механический гнет, обивая живые ветви преимущественно у слабых экземпляров; хотя от обивающего действия ветра достается всем, и сильным и слабым, но последним—гораздо больше.

Слабые существа, отставши в росте настолько, что не располагают достаточным светом и нужной влагой, наконец погибают.

Теснота крон и корней усиливается с массовым ростом деревьев в насаждении.

Когда же массовый рост закончит свою кульминацию, наступает фаза более спокойной жизни сообщества деревьев. Этот переходный момент, смотря по породе леса и климату, наступает в 35—60-летнем возрасте насаждения, когда громадное большинство особей уже вымерло, выпало из сообщества.

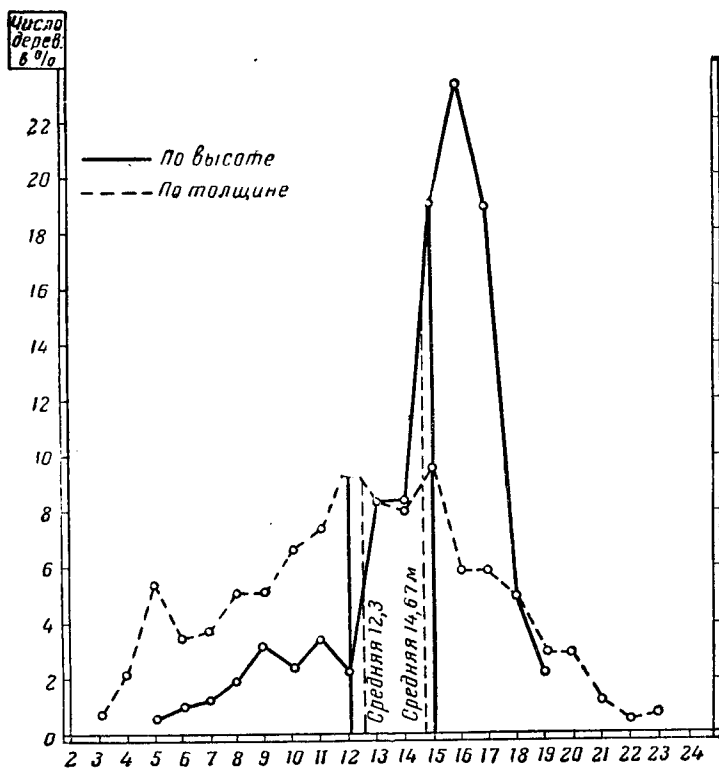


Рис. 2. Процентное распределение по высоте и толщине 411 шт. берез в березовом низкоствольнике кв. 13 по измерениям в 1910—1912 гг. (высота деревьев в м, толщина в см).

В 45—50-летнем возрасте в сообществе является полная семенная возмужалость хвойных деревьев, и с них разносятся семена, которые, прорастая, дают всходы на вырубках, гарях и других открытых местах. С семенами передаются потомству и особенности более приспособленных особей, так как парии, погибающие в борьбе, совершенно не приносят семян и, следовательно, не оставляют по себе потомства.

Что же, это выживание приспособленных и этот естественный подбор в лесорастительном сообществе представляют собой благодетельное к усовершенствованию, к триумфу лучших, к прогрессу жизни?

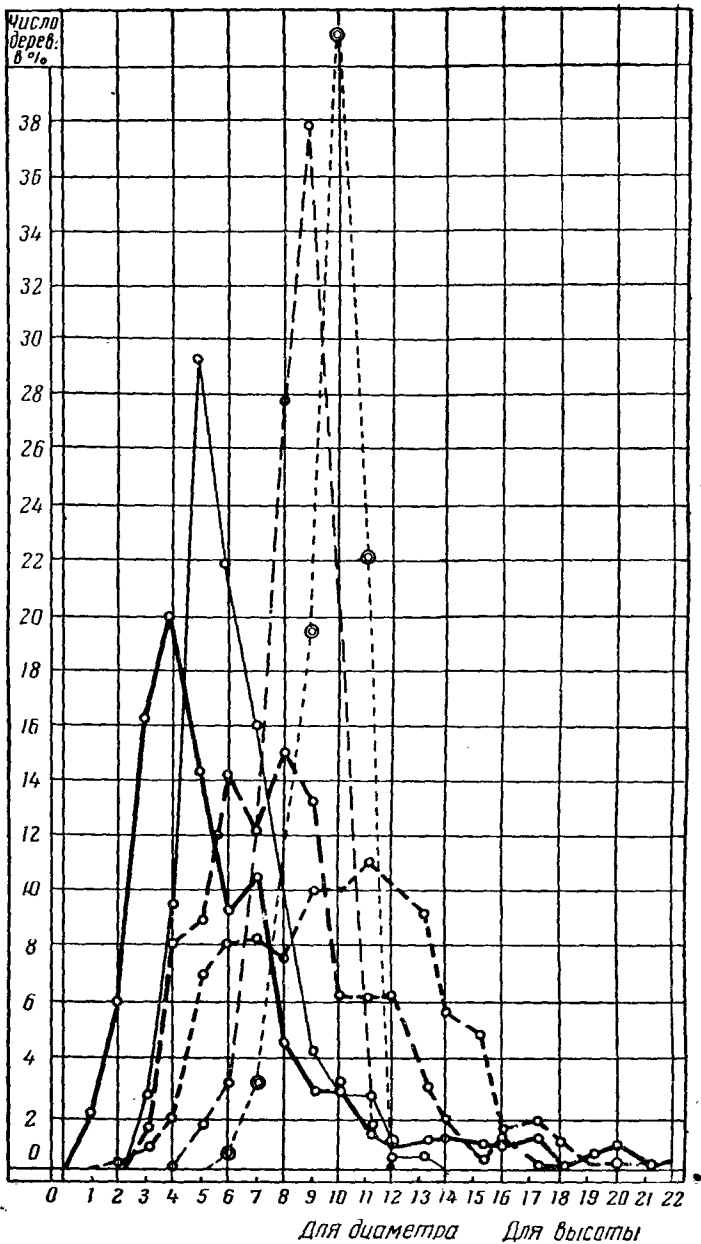
Нет! Для достижения блага необходимо человеку изменять социальные условия жизни деревьев.

Самые крупные особи, то есть самые приспособленные в насаждении, не суть самые лучшие; наоборот, с хозяйственно-технической точки зрения, это—большой брак, подлежащий удалению из хвойного насаждения еще в ранней молодости его: быстрый рост их связан с низкими техническими качествами древесины и с малым выходом строево-поделочного материала. Нередко они повреждаются и гибнут в насаждении от грибных паразитов, как опенок, корневая губка (*Polyporus annosus*) и т. д.

Все преимущество их в том, что растут они быстрее других и в высоту, и в толщину.

Болотная сосна—из всех наших древесных пород наиболее приспособленная к произрастанию на моховых болотах; однако эта сосна почти ни на что не годится.

Удаление из насаждения самых сильных экземпляров, наряду с отстающими, делается с целью предоставить остальной совокупности деревьев



26 л. Вологодский сосняк (336 шт.) — (180 шт.) —  
 24 л. Пермский " (504 шт.) - - - (180 шт.) - - -  
 24 л. Владимирский " (333 шт.) - - - - (180 шт.) - - - -

Рис. 3. Процентное распределение по высоте и толщине сосновых стволов по измерениям в кв. 5 осенью 1914 г. (диаметр в см, высота в м).

условия более благоприятного развития, чтобы из них приспособленные стали вместе с тем и лучшими. Таким путем в жизни насаждения человек, в своих интересах, направляет закон выживания наиболее приспособленного, подобно тому как он использует тот же самый закон, улучшая сельскохозяйственные зерна, садово-огородные плоды и домашний скот.

Для человеческого общества должно быть иное направление развития: не столько надо человеку приспособляться к условиям существования, сколько создавать, приспособлять к себе эти условия, в соответствии с высшими способностями человека, для полного развития его энергии и духовных сил. Глубоко неправилен взгляд, что закон борьбы за существование, закон выживания сильного неизбежен и в человеческом обществе.

Отнюдь нет! Законы природы не предписание, а только описание! Они не командующая сила, а лишь формула—формула, выражающая однообразие или постоянство проявлений известных естественных сил, пока условия остаются без изменения.

Открываются законы природы не для повиновения им, а для контроля со стороны человека над явлениями природы и изменения их в своих интересах.

Знание—величайшая сила в мире; она есть власть человека над природой!

Древесные растения, подобно прочим живым существам, обладают большей приспособляемостью к окружающим условиям жизни, изменяя свой облик, анатомо-морфологическое строение, все свойства и свою жизнедеятельность. Это приспособление происходит постепенно, медленно и потому легко ускользает от глаза наблюдателя. Оно играет в природе гораздо большую роль, чем мы обычно думаем; благодаря ему создаются новые формы—вариететы, расы и виды.

Доказательством приспособления живых существ, в том числе и древесных растений, к почве и климату представляют нам данные об естественном географическом распространении их по земной поверхности, устанавливающие различные географические области, провинции и показывающие, что в этом распространении живых существ существуют определенные закономерности.

Все это указывает прежде всего на приспособление организмов к изменяющимся в пространстве условиям почвы и климата, хотя борьба за существование и влияние прошлого играли в этом отношении также большую роль.

Кто всю жизнь провел в пределах своей родины и с детства привык видеть местные виды живых существ, тот вряд ли в состоянии легко усвоить себе факт приспособляемости организмов к среде. Лишь выдавший другие страны знает, по собственным впечатлениям, те большие изменения, какие вызываются чужим климатом и иной почвой в наших знакомых представителях флоры и фауны.

Словом, окружающая среда определяет собой природу и физиономию растительного сообщества, насаждения. Для этого достаточно вспомнить монотонную карликовую древесную растительность полярных стран, редколесные дубравы лесостепной полосы и непролазные чащи изумительно пестрых по составу субтропических лесов.

С другой стороны, и лесорастительный покров не остается без влияния на внешнюю среду.

Под пологом насаждения иной климат и другая почва.

## ЛЕС И ВЕТЕР, ЛЕС И КЛИМАТ

Древесный полог, или шатер листвы, защищает почву и нижние слои воздуха от инсоляции. Поэтому:

- 1) Температура лесного воздуха днем ниже температуры воздуха в поле (летом на 8—10°) благодаря слабому ночному лучеиспусканию, то есть отдаче тепла землей в атмосферу;
- 2) ночью в лесу воздух теплее;
- 3) в результате суточная амплитуда температурных колебаний воздуха в лесу гораздо меньше, чем на открытом месте, и
- 4) зимой воздух в лесу также теплее (в хвойных на 0,5°).

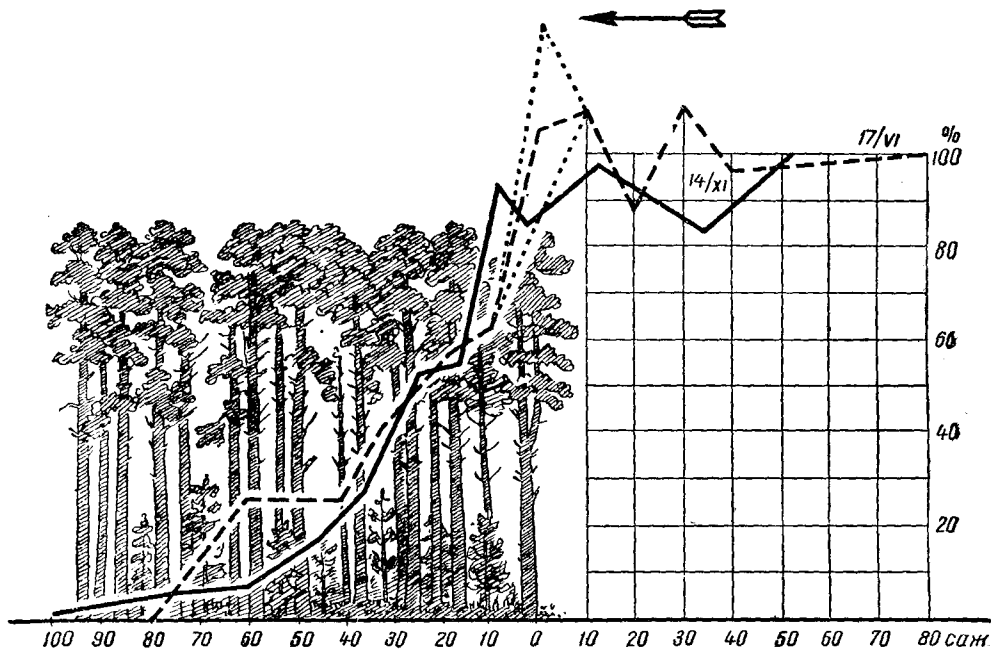


Рис. 4. Скорость ветра, дующего с открытого места в лес.

II. Слабая циркуляция воздуха в лесу и большая ветрозадерживающая способность леса составляют весьма характерные его черты.

Произведенные мной в начале 900-х годов (1904—1906) анемометрические наблюдения в Тимирязевской лесной даче в сосновых насаждениях (в трех местах) показали, что ветер, встречая на своем пути лес, производит явления, аналогичные прибою морских волн, причем стремится принять в лесу направление наименьшего сопротивления, уклоняясь более или менее значительно от своего основного направления. Врываясь в насаждение, ветер, по мере удаления от опушки вглубь, постепенно затухает и, наконец, через несколько десятков сажен теряет почти совершенно всю свою силу (рис. 4 и 5)<sup>1</sup>.

В нормальных хвойных насаждениях обычно царит почти полный штиль даже и при очень сильном ветре на открытых пространствах (до 6—7 м/сек).

Затухание ветра в лесу есть функция породы, полноты, высоты и формы насаждения, а для лиственных пород, кроме того, также и облиственного или обнаженного состояния деревьев. Очевидно, чем ограниченнее, стесненнее пространство для циркуляции воздуха, тем сильнее затухание ветра в лесу. Ход ослабления скорости ветра в насаждении можно выразить особой величиной, коэффициентом затухания, который может служить анемометрической характеристикой данного насаждения, другими словами, характеристикой внешней структуры насаждения.

Затухание ветра в насаждении, как физический процесс, при всем непостоянстве и капризности воздушной стихии можно выразить следующей формулой:

$$A_0 = Ae^{-ax},$$

где  $a$ —постоянная, или коэффициент затухания,  $A$  и  $A_0$ —соответственно скорость ветра (м/сек) у опушки и в данном пункте внутри насаждения,

<sup>1</sup> О влиянии леса на силу и направление ветра. Лесопромышленный вестник, 1908, № 8 и 9.

$x$ —расстояние этого пункта от опушки (шагов) и  $e$ —основание неперовых логарифмов.

Подставляя в формулу соответственные величины, можно, при употреблении обыкновенных логарифмов, вычислить коэффициент затухания  $a$  из уравнения:

$$\lg_{10} a = \frac{\lg_{10} A - \lg_{10} A_0}{x \lg_{10} e} = \frac{1}{x \cdot 0,4343} \cdot \lg_{10} \frac{A}{A_0}.$$

По такой же формуле физик Кулоуб (Couloub) предложил определять «коэффициент рассеяния» электричества в воздухе от наэлектризованного тела.

Пользоваться для характеристики насаждения коэффициентом, найденным таким путем, возможно, если вычисленная по формуле скорость ветра внутри насаждения в известном расстоянии от опушки совпадает с наблюдаемой скоростью в пределах допустимой ошибки, связанной с таким капризным объектом наблюдения, как ветер.

Опыт в значительной мере позволяет признать коэффициент затухания достаточно надежным средством анемометрической характеристики насаждения.

По данным Кайгородова, производившего учет в семи различных насаждениях, коэффициент затухания ветра колеблется от 0,000516 до 0,0182 и даже до 0,02312, причем низшая величина найдена в густом кустарнике высотой 2—3 м, неравномерно произраставшем на болоте, 0,0182—в густом лиственном лесу, в обнаженном состоянии, высотой 11—13 м, с густым подлеском, а высший коэффициент найден в елово-березовом насаждении, высотой около 8,5 м, в летнее время.

Как можно было и а priori ожидать, амплитуда колебаний этого нового таксационного элемента, характеризующего архитектуру насаждения, огромная.

При переходе ветра через лес на открытое место всегда происходит на подветренной стороне более или менее значительный воздухопад (рис. 6, 7 и 8). Воздушный поток, достигнув окраины леса, падает вниз, причем он достигает поверхности земли, считая от опушки, в расстоянии от пятикратной до пятнадцатикратной высоты насаждения, в среднем десятикратной высоты насаждения, в зависимости от скорости ветра (чем сильнее ветер, тем больше это расстояние) и отчасти от полноты насаждения (чем меньше просачивается воздушного потока через насаждение, тем больше предельное расстояние воздухопада).

Картина воздухопада хорошо устанавливается дымом, при одновременной установке в различных пунктах (по перпендикуляру от опушки) нескольких горелок с трупом.

Нижние слои воздухопада беспорядочно растекаются по направлению к опушке, причем около самой опушки воздушные волны загибаются вверх гребнями; с приближением к опушке часто наблюдается резко выраженное воздушное течение в сторону леса, то есть в направлении, обратном движению свободного ветра. Словом, на всем этом пространстве господствует вихре-

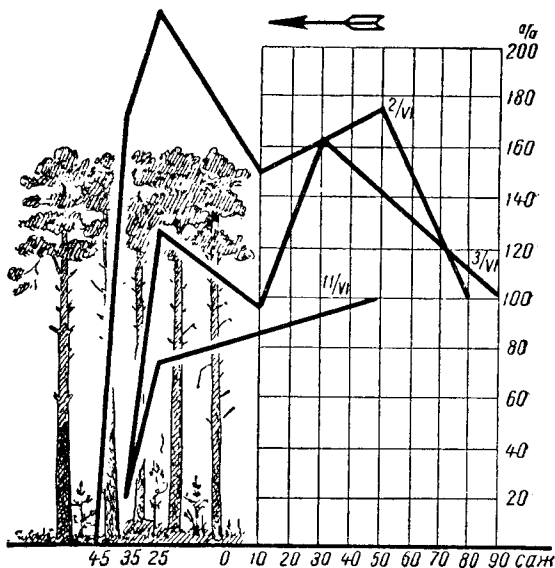


Рис. 5. Скорость ветра, дующего с открытого места в лес.

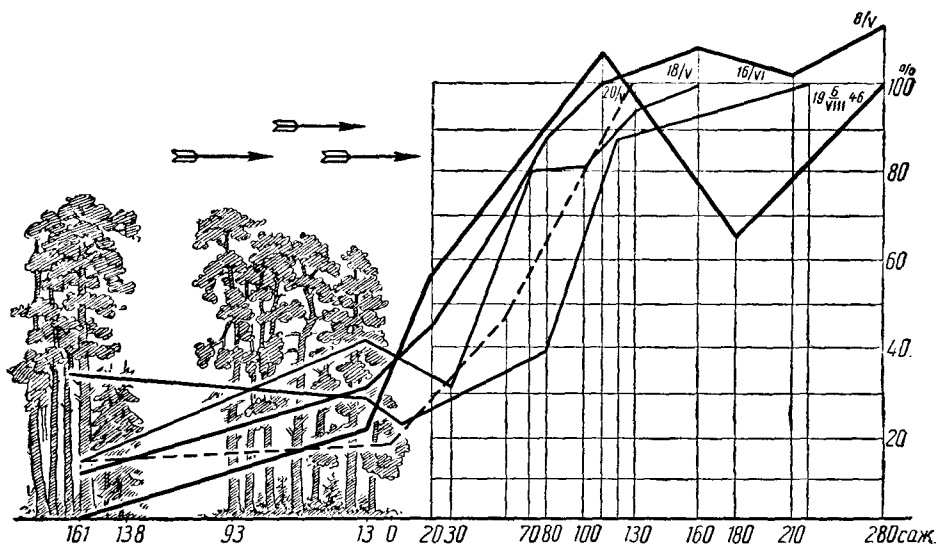


Рис. 6. Скорость ветра, дующего от леса на открытое место.

вое движение (воздушные потоки с самыми разнообразными направлениями).

Одновременно с тем в самом лесу на полосе 50—60 м от опушки, наряду с слабым движением воздуха по направлению к опушке, наблюдается сильный ток воздуха вверх: в полосе леса воздух как бы всасывается и увлекается несущимся над ним ветром.

Рассматриваемое явление воздухопада становится вполне понятным, если сравнить его с водопадом.

Туннель под канадской стороной Ниагарского водопада, с окном на водопад, вызывает страшнейшую тягу воздуха в туннель и в окно (рис. 9).

Несколько лет подряд был пеший проход под американскую сторону водопада, пока не свалилась глыба камня у подошвы стены водопада.

По линии удара воздухопада о поверхность почвы, на расстоянии от опушки 10-кратной высоты леса, есть полоса земли с своеобразными условиями; приходится ли она на лесной почве или на поле: а) здесь происходит малое отложение снега зимой (выдувание) и усиленное испарение в продолжение вегетационного периода, что должно отражаться на урожае хлеба (и росте леса) или благоприятно, если местность изобилует влагой, или же вредно—в обратном случае, и б) на этой подветренной полосе должны иметь место во время ветра резкие колебания суточной температуры воздуха: днем—повышенная температура, так как здесь ниспадает на землю воздух, нагретый в кронах деревьев, а ночью—пониженная, потому что падает воздух, охлажденный ночным лучеиспусканием деревьев.

Далее от этой полосы скорость ветра увеличивается с удалением от леса, и на расстоянии 50-кратной высоты насаждения ветер приобретает такую же силу, какую он имел перед лесом. Таким образом, если высота леса составляет 30 м, то влияние леса на скорость ветра длится на протяжении почти 1,6 км от опушки его.

Такова протяженность ветровой тени леса.

Опубликованные мной исследования произведены в 1905 г.; в следующем 1906 г. были сделаны наблюдения над влиянием леса на скорость ветра И. Муратом, директором Румынского метеорологического института в Бухаресте. При этом объектом служил лес площадью 35 га и высотой 10 м. По линии господствующих ветров (ВСВ—ЗЮЗ) было установлено 9 анемометрических станций, из которых 3 находились перед лесом, а 6 с подветренной стороны.

Эти наблюдения показали, что ветер, пронесясь через лес, значительно теряет свою скорость, причем линия воздухопада образует с поверхностью земли угол приблизительно в  $15^\circ$ , то есть вышеуказанная полоса земли по линии удара воздухопада имеет протяжение от опушки в 10 раз больше высоты леса. Далее скорость увеличивается с удалением от леса, и в расстоянии 500 м от леса (то есть в 50 раз большем высоты леса) ветер приобретает такую же силу, какую он имел перед лесом.

В 1916 г. Главным военно-метеорологическим управлением выпущено литографированное издание работы А. Кайгородова «Материалы по учету влияния рельефа местности на направление и скорость ветра у поверхности земли» (с 29 таблицами рисунков), в котором изложены также и анемометрические наблюдения, связанные с лесом.

Ветер—производное солнца. Это есть постоянная, могучая и еще необузданная человеком сила природы. Наряду с влагой, светом и теплом ветер является крупнейшим фактором в жизни леса, как и в жизни человеческого общества, на что в дальнейшем мне многократно придется указывать.

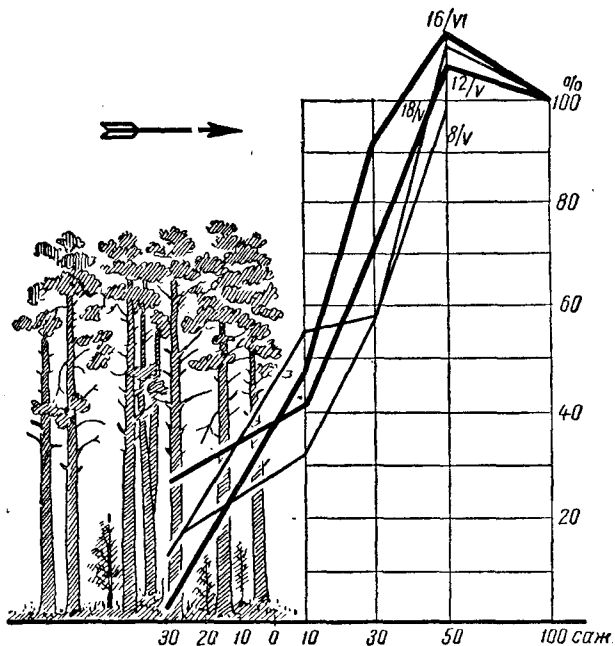


Рис. 7. Скорость ветра, дующего от леса на открытое место.

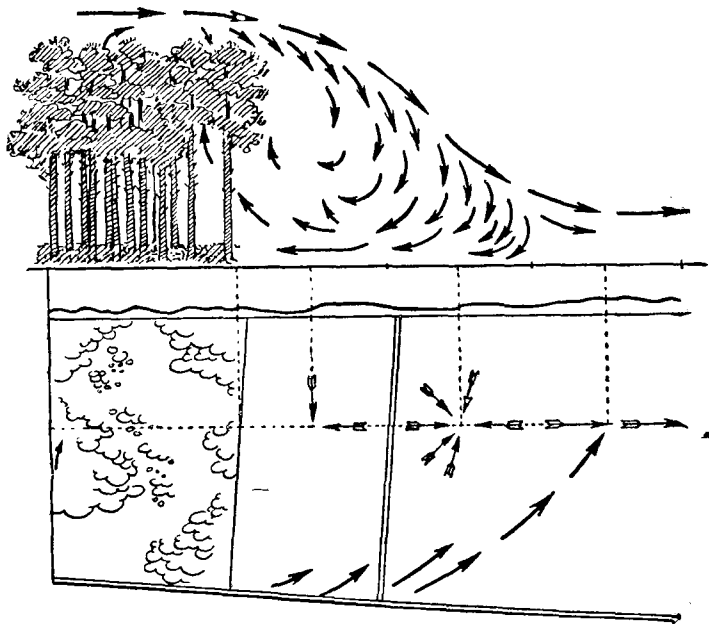


Рис. 8. Воздухопад (в профиле и на плане).



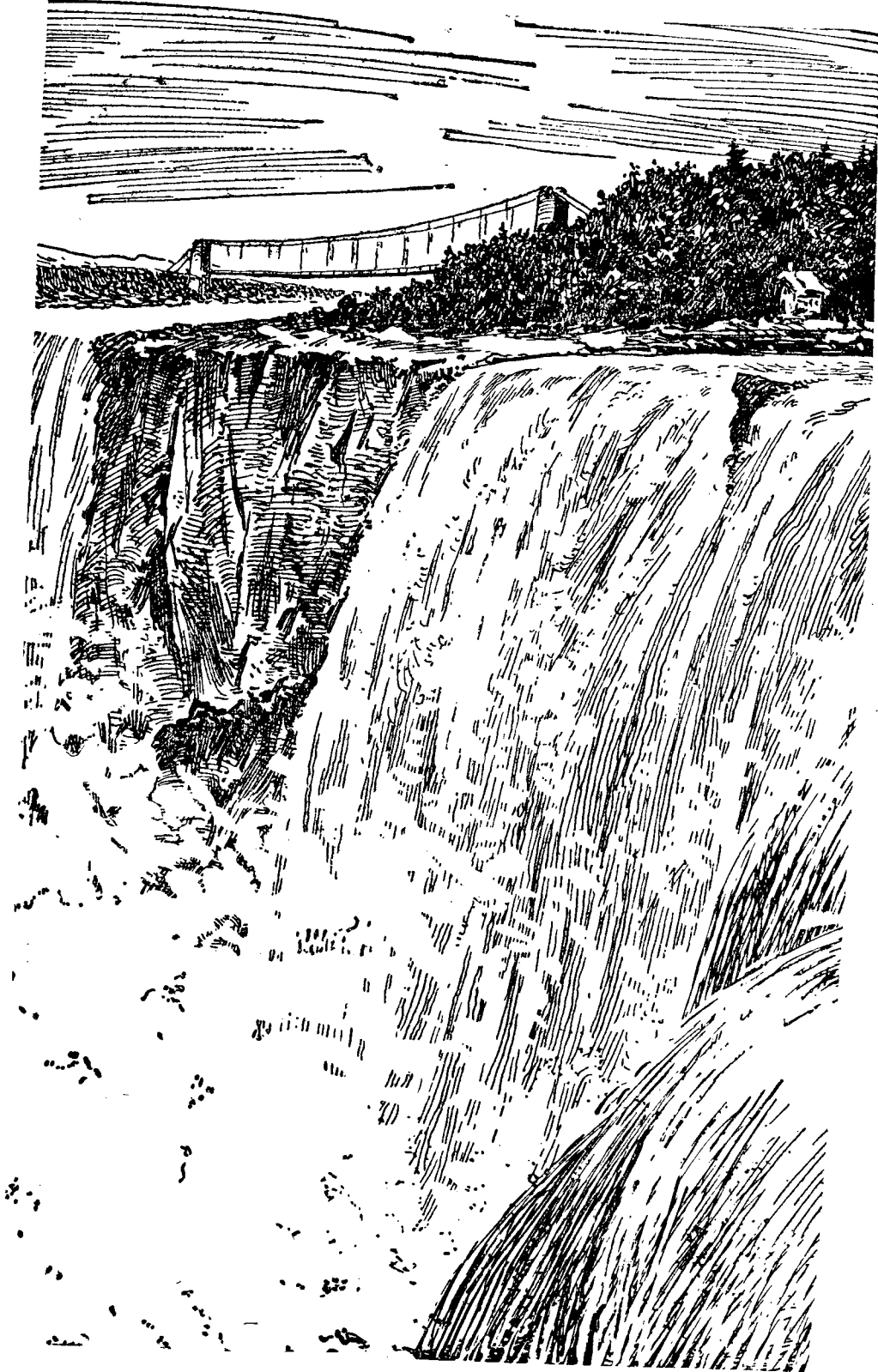


Рис. 9. Вид на р. Ниагару по слиянию обоих водопадов (вид с Чертового моста).  
Вдали виден висячий мост, соединяющий оба берега реки.

На ветрозадерживающей способности древесной растительности основана защита железных дорог путем посадки живых изгородей и полос леса вдоль железнодорожной колеи, а также обсадка деревьями шоссейных путей и усадеб в степях и, кроме того, разведение лесных полос среди полей в степной области в целях сбережения влаги и повышения урожая.

Несущийся над лесом ветер, вследствие трения о крайне неровную поверхность древесного полога и по причине затраты живой силы на раскачивание крон, теряет более или менее значительную часть своей скорости. Как высоко над пологом сказывается влияние его на силу ветра—остается пока открытым вопросом.

О размере этого влияния можно лишь догадываться по изменению скорости ветра с высотой в непосредственной близости к земной поверхности на равнине. Из ряда наблюдений над скоростями ветра на разных высотах, произведенных в обсерватории, в Павловске, оказалось, что, приняв скорость на высоте 3 м над землей за 100, получаем:

на 20 м над землей . . . . .	244
» 28 » » » . . . . .	318
» 45 » » » . . . . .	500

Это—средние результаты для всех направлений ветра. Но здесь имеет значение и самое направление ветра, вследствие неравномерного распределения препятствий по земной поверхности. Так, обозначая по-прежнему через 100 скорость на 3 м, на 45 м над землей скорость составляет для ветров северных—400, а для юго-западных—600.

Стивенсон, при посредстве мачты высотой около 15 м, получил следующие результаты о скорости ветра на разных высотах по близости к земной поверхности<sup>1</sup>:

Высота над землей (м) . . .	0	3	6	9	12	15,2
Скорость ветра (м/сек) . . .	3,6	8,2	8,7	9,0	9,1	9,4
Высота над землей (м) . . .	0,4	1,1	2,7	4,3	7,6	15,5
Скорость ветра (м/сек) . . .	9,8	11,4	14,2	15,1	16,8	19,2

Итак, на высоте 15 м скорость ветра в 3—4 раза превосходит скорость его у поверхности почвы.

Несомненно, что на скорость и направление ветра в непосредственной близости к земле, наряду с лесом, влияет и рельеф местности.

III. Высокая относительная влажность воздуха в лесу, а равно и над лесом, напоминая сырость оранжереи, также является характерным свойством лесной среды.

IV. На температуру почвы лес оказывает еще более умеряющее влияние, чем на воздух:

- 1) лесная почва не столь быстро и не так сильно нагревается сравнительно с открытым местом (летом на 4—5°);
- 2) нагревшись, она медленнее охлаждается;
- 3) суточная амплитуда температуры лесной почвы значительно меньше и
- 4) наблюдается пониженная температура почвы днем в летние месяцы и более высокая—ночью и зимой.

Зимой почва лесная в средней полосе СССР не замерзает; если в иные годы и наблюдается замерзание ее, то оно наступает гораздо позднее, совершается на меньшую глубину, и в конце зимы происходит оттаивание почвы в лесу еще под снежным покровом.

<sup>1</sup> Н а н н. Meteorologie.

Средняя годовая температура лесной почвы на 1,5—2° ниже против открытого места. Величина этой температурной разницы зависит: 1) от состояния леса, 2) густоты древостоя, 3) формы и высоты насаждения.

Ельники и буковые леса дают наибольшую разницу.

Разница почвенных температур в лесу и на открытом месте замечается на значительной глубине.

По пятилетним моим наблюдениям в Петровской даче над температурой грунтовой воды в лесу и вне его оказалось:

1) что температура грунта (суглинок) под лесом всегда ниже, чем под открытым местом, причем средняя годовая температура на глубине 3—3,2 м равняется под лесом 4,1° и вне леса 6,2° (т. е. под лесом ниже на 2,1°), на глубине же 6 м: под лесом 3,2° и вне леса 4,05° (т. е. под лесом ниже на 0,8°);

2) что умеряющее влияние леса на температуру грунта сказывается еще на глубине 10 м, при годовой амплитуде температуры грунта под лесом в 1,4° и под открытым местом в 1,5—1,6° (т. е. ниже на 0,1—0,2°);

3) что после срубki насаждения грунт, в течение следующего лета нагреваясь, достигает температуры открытого места лишь на глубине до 3 м, и

4) точный учет предела этого влияния леса затрудняется тем обстоятельством, что движение грунтовых вод оказывает нивелирующее действие на температуру грунта, благодаря чему в природе совершается водяное отопление земли, подобное тому, какое применяется при центральном отоплении жилых зданий.

Итак, в основе температурных особенностей воздуха и почвы в лесу лежит двойное влияние древесного полога:

1) он задерживает солнечные лучи, не допуская их до почвы, причем эти лучи частью отражаются, частью усваиваются листвой и, наконец, расходуются на нагревание ветвей, сучьев и ствола, и

2) как покрывало, древесный полог защищает почву от лучеиспускания теплоты в небесное пространство.

В том же направлении действует также мертвая подстилка, как одеяло, и корневая система деревьев, а также в зимнее время—снежный покров.

Насколько велика ночью, при ясном небе, разница в лучеиспускании почвы лесной и вне леса, прекрасные наблюдения можно делать весной: при температуре около 0°, даже под обнаженными еще деревьями в насаждении нет инея, тогда как открытые места покрыты инеем или льдом.

То же явление наблюдается и осенью.

Поэтому на прогалинах среди леса стелется холодный воздух и туман, тогда как под пологом самого леса нет ничего подобного.

Под пологом 70—80-летнего соснового леса осень наступает на 2—3 и даже на 4 недели позднее, чем вне леса.

Так, например, в 1909 г. в Петровской лесной даче Академии дубовый подрост 35—45 лет, оставленный на лесосеках 3-го и 7-го кварталов дачи, а вместе с тем находившийся под пологом 70-летнего соснового леса в этих же кварталах, находится сравнительно в таком состоянии:

Месяц, число	На лесосеках	Под пологом
24 июля	Листва желтовато-зеленая	Темно-зеленая
23 августа	Бледно-желтая зелень	Темно-зеленая листва
5 сентября	Листва буреет (с концов листьев)	Темно-зеленая
15 сентября	Сильно побуревшая, лишь слегка кое-где желтоватые листья; на одиночных дубках большая часть листьев уже осыпалась	То же

Месяц, число	На лесосеках	Под пологом
26 сентября	Вся листва красно-бурая	Почти зеленая (изжелта-зеленая), слегка заметны желтизна и ниже буроватые пятнышки. Листва красно-бурая, но макушки еще зеленые. Дубки до 1,4 м еще зеленые
5 октября	Все дубки обнажены	То же
8 октября	То же	» »

По баварским и другим наблюдениям относительно максимальных летних и зимних температур, а также температур днем и ночью, получились такие результаты:

1) в продолжение всего года максимум температуры в лесу бывает значительно менее, чем в поле;

2) особенно сильное влияние оказывает лес на умерение сильной жары;

3) в течение всего года никогда лесной воздух не охлаждается так низко, как полевой, и

4) в вегетационный период (с марта по август включительно) влияние леса на умерение максимума температуры днем в 2 или 3 раза сильнее, чем на ночной минимум; в зимние же месяцы имеет место обратное отношение.

Следовательно, лес предохраняет местную растительность от повреждения как весенними, так и осенними утренниками.

По мнению Э б е р м а й е р а, значительное обезлесение повлекло бы за собой в наших широтах более резкий климат, или, говоря точнее, в летние месяцы наибольшая дневная температура увеличилась бы на 2,5—3,8°, между тем ночной минимум уменьшился бы на 2,0°; в зимние же месяцы климатические изменения были бы менее значительны: дневной максимум увеличился бы на полградуса (0,6°), а ночной минимум уменьшился бы почти на целый градус.

Остановимся теперь на суточных воздушных течениях между лесом и полем.

Как мы видели, температура лесного воздуха, в особенности в летнее время и днем, резко отличается от температуры воздуха на открытом месте; очевидно, что, на основании гидростатического закона, эти две воздушные массы, различно нагретые и имеющие поэтому разные плотности, не могут оставаться спокойными, а должны перемещаться, причем более холодная и тяжелая масса должна двигаться вниз, а поверх ее протекает масса теплая и более легкая.

В летнее время днем лесной воздух холоднее полевого воздуха, а ночью имеет место обратное отношение.

Кроме того, относительно распределения слоев воздуха внутри леса наблюдения показали следующее:

1) в лесу температура воздуха увеличивается с высотой, то есть наименьшей она бывает у самой почвы и наибольшей в пологе насаждения;

2) днем, в течение всего года, воздух в пологе насаждения теплее, чем внизу;

3) за малыми исключениями, случающимися зимой, во все времена года в пологе насаждения воздух холоднее, чем над полем на той же высоте, и разница между этими температурами особенно значительна в летнее время (с мая до сентября включительно);

4) слой воздуха, соприкасающийся с поверхностью листвы, благодаря весьма значительному лучеиспусканию ее и испарению, постоянно имеет

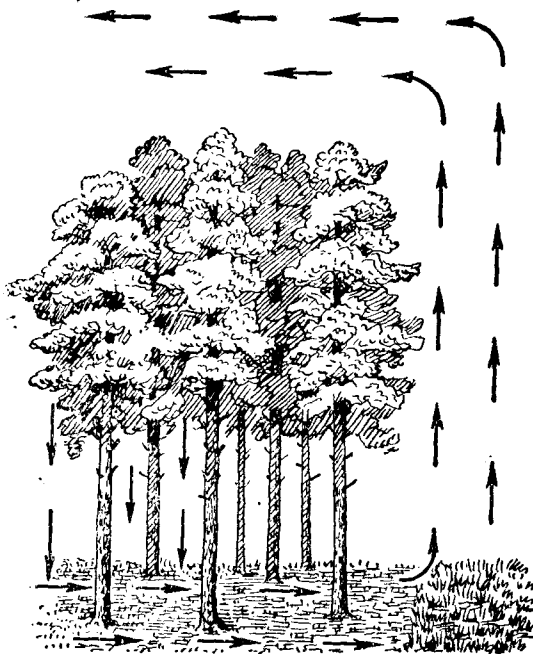


Рис. 10. Круговорот воздуха днем летом.

и в свою очередь охлаждаются; вместе с тем опускается и холодный слой воздуха, соприкасающийся с листвою.

Вследствие этого опускания в шатер леса притекает с поля поднявшийся вверх теплый воздух, который, соприкасаясь с листвою, постепенно охлаждается. Таким образом, днем при опушке леса устанавливается 2 течения: одно—холодное, близ земли, из леса в поле, а другое более теплое, на некоторой высоте над землей, направленное из поля в лес.

Сила холодного тока из леса увеличивается с возрастанием дневной температуры и достигает максимума после полудня, около 2 часов дня, когда явление это особенно хорошо наблюдается в летние месяцы. Зимой же оно мало заметно (рис. 10).

II. Ночью же, когда у поверхности почвы лесной воздух теплее полевого, совершается обратное явление: холодный воздух по земле направляется от охладившегося поля в лес; причем, внутри леса, вытесняемый этим холодным током более теплый и легкий воздух поднимается вверх, и, совершая механическую работу, он охлаждается, а соприкасающийся с листвою поверхности древесного шатра более холодный и влажный воздух начинает течь из леса в поле, замещая разрежение, происшедшее там от стока холодного полевого воздуха в лес.

Таким образом, в ночное время устанавливается круговорот воздуха, обратный дневному, начинаясь час спустя после заката солнца и оканчиваясь около 6—7 часов утра (рис. 11).

Существование днем и ночью противоположных воздушных токов у поверхности почвы можно хорошо проследить с помощью дыма, тлеющего трута, проводя наблюдения, по возможности, в безветренную погоду; при этом можно обнаружить и смену дневного тока ночным, после захода солнца (около 21 часа).

Воздушные течения, обуславливаемые разницей температур лесного и полевого воздуха в различные часы суток, несомненно, имеют место и, помимо лета, также осенью и весной, а частью и зимой; но они пока никак не подвергались наблюдению и исследованию. Вероятно, весной эти течения

более низкую температуру, чем в прилегающих воздушных слоях (выше и ниже этой поверхности).

Вследствие всего этого происходят воздушные течения между лесом и полем такого порядка.

I. Днем в летнее время, когда в лесу нижние, лежащие у самой земли слои воздуха гораздо холоднее, чем воздух над полем, происходит близ земли ток холодного, влажного воздуха из леса в поле, и сила этого тока увеличивается с возрастанием дневной температуры. Этот холодный воздух замещает собой теплый и более легкий слой полевого воздуха, который поднимается вверх. Одновременно с возникновением этого тока в лесу у древесного полога более теплые слои воздуха, покоившиеся на холодном нижнем слое в устойчивом равновесии, лишились теперь своей опоры, спускаются вниз к лесной почве

относится к типу дневного круговорота воздуха в летнюю пору, а в осеннее время аналогичны ночному круговороту.

Наблюдаемые суточные воздушные течения, конечно, в небольшой степени оказывают влияние на растительность прилегающих к лесу полей и других сельскохозяйственных угодий, а также не остаются без влияния на местный климат.

С постоянной сменой днем и ночью воздушных течений влажность лесного воздуха почти непрерывно переносится из леса в места, наиболее нуждающиеся во влаге; благодаря этой смене на поле ночью происходит конденсация водяных паров из лесного воздуха в виде росы. Кроме того, полевой воздух днем в летнее время становится не столь горячим и более влажным именно в те часы, когда

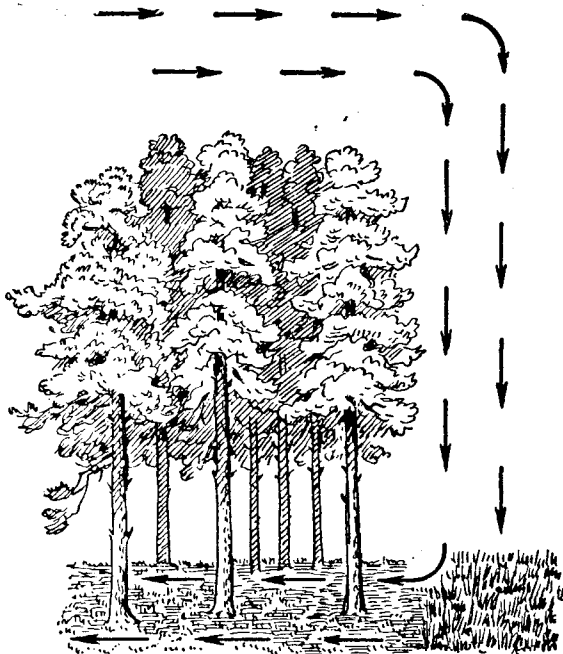


Рис. 11. Круговорот воздуха ночью летом.

то и другое бывает наиболее необходимо для полевой растительности и когда всего энергичнее и совершаются воздушные токи из леса на поле.

Ночью эти течения умеряют крайности температур между лесом и полем, когда поле всего сильнее охлаждается вследствие большого лучеиспускания; сверх того, эти воздушные токи весной и осенью не остаются без влияния на предохранение полей от губительных весенних и осенних утренников.

Следовательно, ввиду изложенного лес является магазином влаги для поля и хранителем последнего от утренников.

Как далеко простирается благотворное влияние леса на прилегающие поля и другие сельскохозяйственные угодья, к сожалению, до сих пор не имеется опытных данных. Можно лишь сказать а priori, что оно должно быть тем значительнее, чем обширнее занимаемая лесом площадь и чем выше полнота лесонасаждений, и что влияние хвойного леса значительнее, чем лиственного.

Вышеприведенные соображения о полезном влиянии суточных воздушных токов на растительность смежных с лесом сельскохозяйственных угодий подкрепляются следующей народной приметой, сложившейся на северо-востоке Европейской части нашей Родины: «Близ леса теплее, осенью и зверь, и птица к нему жметса, и земля потеет».

Эта примета с особой ясностью оправдывается в западном и юго-западном крае, где осенью в ясное холодное утро на 213—320 м вокруг или с одной стороны перелесков резко выступает на свежей пашне граница полезного влияния ночного воздушного тока из леса: в пределах этой границы пахоть от поглощенной за ночь влаги представляется как бы смоченной, легко сваливается в куски и имеет более темный цвет, тогда как дальше от леса, при одном и том же составе почвы и рельефа, пахоть совершенно сухая, рассыпается и светлеет на вид.

Это потение влапанной почвы, обуславливаемое поглощением ею влаги и лесного воздуха, пока еще не учтено научным исследованием, хотя в приходо-расходном водном балансе пахотной почвы эта конденсация паров лесного воздуха имеет немалое значение.

Горький сельскохозяйственный опыт вполне доказывает пользу для окружающих полей леса как магазина влаги, защитника от ветра и хранителя от утренников.

Так, в страшно засушливые 1891 и 1892 гг., когда сильный неурожай постиг Поволжье и многие другие местности, замечено, между прочим, в б. Самарской губернии, что, где поля расположены близ леса, урожай вышел очень порядочный, например в Боровкинской и Смельковской волостях, где ржаные поля, окруженные лесом, дали урожай около 655—820 кг с 1 га; точно так же порядочный урожай дали яровые раннего посева. «Вообще,—пишет один из местных наблюдателей,—благодетельное влияние леса на урожай хлебов обнаружилось в нынешнем году самым очевидным образом» («Метеорологический вестник», 1892, кн. 2). Подобное же явление было замечено в Вятской губернии в 1891 г.; все поля безлесного правобережья р. Вятки в Уржумском уезде в июле были черны с выжженной солнцем растительностью, тогда как поля многих деревень (Матренинского, Редниковского, Ефимок, с. Митрофанова и др.), расположенные оазисами среди лесов Уржумского лесничества, несмотря на песчаную почву, имели цветущий вид и дали небывалый урожай яровых и озимых хлебов.

То же самое явление наблюдалось во многих местах и в засуху 1920 и 1921 гг.

Лесорастительный покров оказывает умеряющее влияние на климат страны, то есть среди лета не так жарко, а среди зимы не так холодно, как если бы температура данного места зависела исключительно от количества теплоты, получаемой от солнца. В этом отношении лесной покров подобен водной поверхности, которая чем обширнее, тем сильнее оказывает умеряющее влияние на климат, благодаря чему морские климаты и известны как особенно умеренные.

Теплота солнечных лучей и воздуха в лесных массивах затрачивается на механическую работу испарения воды лесом и на физиологическую—усвоение углерода.

Образующиеся водяные пары и возникающие из них облака поглощают солнечную теплоту, а облака, расстилаясь над земной поверхностью, одевают ее, как покрывало, защищая от ночного (и зимнего) лучеиспускания, то есть от потери земной теплоты в небесное пространство.

Конденсация же паров в дождевые капли или в снежинки, связанная с образованием тепла, способствует повышению температуры воздуха; следовательно, несущиеся дождевые или снеговые облака аналогичны теплomu морскому течению.

Для иллюстрации умеряющего влияния леса на климат в капитальном труде А. И. Воейкова «Климаты земного шара» по многим пунктам Европы и Азии для шести географических широт (52°, 50°, 48°, 46°, 42° и 38° с. ш.) приведены средние температуры июля, причем Воейков предвещает, что в средних широтах нельзя ожидать, чтобы умеряющее влияние леса было так же сильно, как в низких широтах (например, в Бразилии и Индии), потому что 1) леса средних широт вообще менее густы по сравнению с вышеупомянутыми странами и 2) в средних широтах градиенты больше и, кроме того, значительно также и разность температур, зависящая от других причин; поэтому ветры более сглаживают разности, зависящие от присутствия или отсутствия лесов. Тем не менее и в средних широтах эти разности температур существуют.

Обозревая температуру июля в Европе и Азии по вышеупомянутым шести широтам А. И. Воейков пришел к заключению, что обширные леса имеют большое влияние на температуру лета не только внутри леса, но и на значительное пространство вокруг.

Представленные им данные ясно показывают, что лес является важным фактором местного климата в Европе и в Азии. Чем жарче и суше лето, вследствие общих климатических условий, тем больше выступает умеряющее

влияние леса. Так, оно всего менее в Великобритании и береговой полосе Норвегии, так как здесь лето умеренное и влажное вследствие близости океана и господства морских ветров, а с другой стороны, это влияние всего более выступает в степях южной части СССР.

Насаждение придает особый отпечаток занимаемой им почве:

- а) повышенная влажность верхних слоев почвы;
- б) значительная рыхлость лесной почвы, чему способствует древесный полог (шатер); падение дождя—механическая работа на уплотнение почвы; эта работа определяется от 1 до 3 млн. кгм в год на 1 м<sup>2</sup> (120 000 пудов);
- в) в лесостепной полосе лесная почва имеет ореховатую структуру.

Препятствуя ночному охлаждению и обеспечивая повышенную влажность почвы, лес благоприятствует:

- а) химическим процессам в почве;
- б) развитию в ней бактериальной жизни.

## ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ

Почвенный покров в лесу скудно травянистый или же мертвый. Травянистая растительность отличается приспособленностью к затенению; она носит своеобразный лесной отпечаток и многие особенности, проявляющиеся в следующих разнообразных направлениях:

I. В составе ее имеется категория тенелюбивых трав, представляющих собой чисто лесные растения, которые по вырубке леса немедленно исчезают, а именно:

ясменник пахучий (*Asperula odorata*),  
сапожки-башмачок (*Cypripedium calceolus*),  
вороний глаз (*Paris quadrifolia*),  
звездчатка большая (*Stellaria hollostea*),  
пролеска многолетняя (*Mercurialis perennis*) (Европа, Азия и Африка),  
кислица заячья (*Oxalis acetosella*) (Европа, Сибирь и Америка),  
папоротник (*Aspidium Filix mas*),  
копытень европейский, или подорешник (*Asarum europaeum*) (Европа),  
орляк (*Pteris aquilina*) (во всех странах света),  
грушанка однобокая (*Pyrola secunda*) (Европа, Сибирь Северная и Америка),  
пузырник ломкий (*Cystopteris fragilis*) (Европа, Азия, Северная Африка, вся Америка и Австралия),  
сныть (*Aegopodium podagraria*),  
брусника (*Vaccinium vitis idaea*).

В составе этих растений заключаются травы-космополиты, распространенные по всему земному шару, как например орляк (*Pteris aquilina*) и пузырник ломкий (*Cystopteris fragilis*), а также травы, обитающие во многих частях света, как пролеска многолетняя (*Mercurialis perennis*), грушанка однобокая (*Pyrola secunda*), кислица заячья (*Oxalis acetosella*) и папоротник (*Aspidium Filix mas*).

Эти факты указывают на давность и единство происхождения лесорастительного покрова на земле.

II. Наряду с упомянутыми растениями в состав травянистого почвенного покрова леса входит другая группа лесных растений, которые долгое время удерживаются на своем месте и после срубki леса. Это преимущественно весенние луковичные и клубневые растения. У растений, снабженных подземным нижнелистовым стеблем, который представляет собой луковицу или клубень, главнейшая задача этих стеблей состоит в скоплении запасных веществ.

[Луковицей называется укороченный подземный стебель, усаженный крупными чешуевидными низовыми листьями,—лук, лилия, тюльпаны, гиацинты; клубнем называется подземный стеблевой побег, который всегда толще, чем ответвляющиеся от него боковые побеги; его низовые листья сильно раздвинуты друг от друга и крайне слабо развиты, а часто и совсем



незаметны; типом клубней может служить картофель (*Solanum tuberosum*), у которого из зачатков побегов, так называемых глазков, образуются надземные побеги с листьями.]

Запасные вещества, помещающиеся в луковицах или в клубнях, производятся в благоприятное время года облиственным растением и затем проводятся в подземные кладовые; здесь они остаются спокойно лежать в продолжение неблагоприятного периода года, в течение которого воздушные части погибают и снова поступают в оборот, когда растению требуется, при начале следующей вегетации, выдвинуть из подземного помещения побеги, которые на солнечном свете производят органические вещества.

На построение этих побегов расходуется материал, который в предшествовавшем году был проведен в запасные склады. Эта замечательная смена покоя и жизнедеятельности и временное исчезновение всех надземных частей растения находится в связи с особыми условиями местопроизрастания. Большинство клубненосных и луковичных растений произрастает в областях, где периоды засухи, продолжающиеся свыше 7—8 месяцев, сменяются благоприятным для вегетации временем года. Будучи погружены в сухую почву, луковицы и клубни без вреда переживают период засухи, тогда как вся надземная часть растений погибает. С наступлением затем периода дождей в луковицах и клубнях просыпается жизнь, и за короткий влажный период из них образуются листья, формируются и распускаются цветы.

Такая картина наблюдается и в степях Центральной Азии, в горных местностях Малой Азии, Греции и вообще всех окаймляющих Средиземное море стран, а также особенно в Капланде, знаменитом своим огромным богатством луковичными и клубневыми растениями.

В Средней Европе, где деятельность растительного мира прерывается не сухостью, а морозом, число растений с подземными нижнелистовыми стеблями значительно меньше, чем в вышеназванных областях. Замечательно, что большинство луковичных и клубневых растений (а также и снабженных корневищами) в Средней Европе произрастает в тени лиственных лесов, в рыхлой, богатой перегноем и всегда свежей почве. В таких местах, пышно развиваясь, целыми зарослями произрастают:

подснежник (*Galanthus nivalis*) (Европа, Персия, сев.),  
гусиный лук (*Gagea lutea* и *G. minima*) (Европа и Сибирь),  
пролеска-подснежник (*Scilla cernua*, *S. sibirica* и *S. bifolia*) (Европа и Сибирь),  
аронник (*Arum maculatum*),  
лук (*Allium ursinum* и *A. sphaerocephalum*),  
разные виды хохлаток (клубневые растения), *Corydalis solida*, *C. cava* в северных широтах красновато-фиолетового цвета; *C. fabacea* и *C. Marschalliana*—в более южных широтах СССР с желтоватыми и белыми цветами.

Особенно замечательно то, что все эти растения в Средней Европе вегетируют ранней весной и цветы их, закладываемые еще с осени, являются первыми после снеготая, когда лес еще почти не одет листвою; они кончают свой цикл развития еще тогда, когда остальная растительность только что начинает пробуждаться, то есть они, следовательно, не имеют в ее лице врага за существование. Среди лета названные растения уже пожелтели и завяли, хотя в это время нет недостатка в необходимой влаге. Словом, это наши первые весенние луковичные и клубневые растения, растения, которые целым цветником своих пестрых красок гармонично отзываются ярко заливающим лесу весеннему солнечному сиянию.

Заслуживает большого внимания любопытнейшее явление произрастания в тени средневропейских лиственных лесов травянистых растений, приспособленных к продолжительным засухам областей Средиземного моря, Центральной Азии и Капланда. Почему эти растения предпочитают в Средней Европе тень лиственных лесов?

Смена долгого периода засухи коротким влажным сроком времени соответствует здесь смене долгого периода затенения, неблагоприятного для жизни растений, кратковременным освещением весной. Цветение ранней весной и раннее пожелтение названных растений объясняются тем, что потребный для работы их зеленых листьев солнечный свет достаточно проникает через полог леса лишь до тех пор, пока кроны деревьев еще обезлиственны. Позднее же, когда деревья оденутся листвой, через древесный шатер проникает лишь скудный свет, которого недостаточно для ассимиляции вышеназванных растений, и они вынуждены кончать свою ассимилятивную работу еще до образования тенистого шатра деревьев, подобно тому как они оканчивают ее в сухих областях перед наступлением периода засухи.

В климате Средней Европы луковичные и клубневые растения свои богатые водой луковицы и клубни, как могущие пострадать при замерзании, приспособились помещать в почве в незамерзающем зимой слое. Так как мертвая лесная подстилка и снежный покров дают защиту луковицам и клубням от зимнего холода, то эти сочные органы залегают в лесу ближе к дневной поверхности, чем на открытых местах. У некоторых из этих растений, например у нашего подснежника, имеются особые втягивающие корни, при помощи которых луковицы подтягиваются книзу на известную глубину и, таким образом, избегают замерзающего слоя почвы.

Наблюдениями в Западной Европе установлено, что по глубине залегания луковиц и клубней можно даже судить о том, насколько почва промерзает зимой. Представляло бы немалый интерес производство соответствующих наблюдений и в СССР.

III. По данным биологии растений, невозможность образования цветов и плодов у растения обуславливает обильное размножение его почками-отводками, и чем больше отенением ограничивается образование цветов и плодов, тем более усиливается развитие отводков.

Образование почек-отводков происходит гораздо скорее и при меньшем тепле, чем плодообразование, и оно обеспечивает сохранение и размножение растений в тени леса. Так, у чистяка лютичного (*Ficaria ranunculoides*) при произрастании в тени кустарниковых зарослей или листовенного насаждения изредка появляющиеся желтые цветы очень мало посещаются насекомыми (пыльцеядными жучками, также мухами и пчелами) и большинство завязей погибает, не достигнув зрелости; зато в пазухах листьев чистяка развиваются бобовидные отводки, которые при завядании стеблей отпадают и дают начало новым растениям. Растения же, более или менее освещенные, на которых созрели плоды, напротив, совсем не образуют отводков—этой своеобразной формы почкообразования.

Сходные явления наблюдаются на зубянке (*Dentaria bulbifera*, сем. крестоцветных), у которой опыление совершается только при посещении насекомых. Она растет в буковых и дубовых рощах, молодых и старых. В молодняке и недалеко от опушки из посещаемых насекомыми цветов развиваются стручки; в тени же старого насаждения, лишь изредка посещаемого пчелами, шмелями, мухами и бабочками, у зубянки большинство цветов вянет и осыпается, совсем не образуя стручков. Но с уменьшением образования плодов увеличивается способность к образованию отводков; в листовых пазухах вырастают, подобно древесным растениям, большие луковичные образные почки; последние отпадают от желтеющего летом растения, укореняются, как только попадут в сырую почву листовенного насаждения, и разрастаются в новые растения с подземными ползучими корневищами.

Независимо от вышеупомянутого явления образования почек-отводков, многие лесные травы (*Carex sylvatica*, *Lactuca muralis* и др.), по исследованию Ц и с л я р а (1904 г.), в густом лесу в течение ряда лет размножаются исключительно вегетативно—корневищами или ползучими подземными побегами; с изрежением же насаждения они переходят к семенному размножению.

В корневищах, как и у растений луковичных и клубневых, к осени откладываются про запас питательные вещества, идущие следующей весной на построение надземного стебля; сюда относятся, между прочим, два вида ветреницы (*Anemone ranunculoides* и *A. nemorosa*), цветущие рано весной.

IV. В лесу обитают травянистые растения с клейстогамными цветами, то есть с цветами закрытыми, в которых совершается исключительно самоопыление; в этих цветах нет совсем венчика или он лишь зачаточно развит; нет меда, запаха и яркой окраски, а имеется лишь плотно сомкнутый зеленый чашелистик с помещенными в нем тычинками и пестиком; у многих растений эти цветы развиваются подземно, то есть образуются на подземных побегах.

Клейстогамные цветы образуют множество колокольчиков, солнцеевтов, балъзаминов, истодовых и кислицевых, губоцветных и норичниковых, например: *Campanula*, *Specularia*, *Helianthemum*, *Impatiens*, *Polygala*, *Oxalis*, *Ajuga*, *Salvia*, *Linaria* и в особенности фиалка из групп *Nominium* и *Dischidium*.

В тени лесов (в Австрии) растет фиалка, по имени *Viola sepincola*; уже во время таяния снега она несет многочисленные, скрытые под опавшей листвой, а отчасти и под землей, клейстогамные цветы, и никогда в тенистой глубине леса не было найдено ее открытых цветов; экземпляры этой фиалки, посаженные на освещенном солнцем месте, развивают, однако, уже на третий год, кроме клейстогамных, также и распускающиеся фиолетовые душистые цветы на вертикальных ножках.

Красивая фиалка в лиственных лесах (*Viola mirabilis*) весной раскрывает душистые, медоносные цветы с крупными бледно-фиолетовыми лепестками для приманки пчел и шмелей; однако многие цветы остаются не посещенными насекомыми и вянут. Затем летом на тех же экземплярах, на особых разветвлениях, появляются мелкие зеленые нераскрывающиеся цветочные почки, из которых вскоре получаются зрелые крупные коробочки с множеством семян. Ботаников прошлого столетия поразило это явление, противоречащее обычному представлению о результате цветения, и они назвали эту фиалку «чудесной» (*V. mirabilis*).

В тенистых лесах на песке недотрога (*Impatiens Noli tangere*) образует только клейстогамные цветы. При открытии доступа света, например после изрежения насаждения, те же экземпляры вышеупомянутых растений образуют раскрытые яркоокрашенные цветы, рассчитанные на опыление насекомыми, и, действительно, появляющиеся пчелы и шмели производят перекрестное опыление.

Очевидно, надо приписать большое значение солнечным лучам, как побудителям к заложению цветочных почек, дающих цветы с яркоокрашенными лепестками. Подтверждением этого служит, между прочим, стеблеобъемлющая яснотка, или глухая крапива (*Lamium amplexicaule*), которая дает цветы с весны до поздней осени. Но в то время, когда летают посещающие цветы насекомые, на растении образуются красивые пурпуровые цветы длиной 1,5 см с широкооткрытым зевом, ведущим к меду; позднее же осенью, когда уже нет посещающих цветы насекомых, на яснотке появляются почти исключительно клейстогамные цветы с недоразвитым венчиком и маленькой зеленой чашечкой, остающейся открытой.

Конечно, нельзя думать, что растение обладает здравым умом, отказываясь, во избежание излишних расходов, от заложения и развития открытых ярких цветов с медом тогда, когда они бесполезны и не нужны. Под влиянием слабой инсоляции и низкой температуры поздней осенью побудитель к заложению цветочных почек уже иной, чем в длинные теплые дни весной и летом.

В лесу, как известно, иной климат; там всегда слабая инсоляция и пониженная температура—среда, напоминающая осень на открытых местах.

И поэтому понятно произрастание в лесу многих растений с клейстогамными цветками.

V. В травянистой флоре почвенного покрова как по видовому составу, так и по числу экземпляров значительно преобладают многолетники, тогда как однолетние и двулетние растения, по мере отенения почвы, вытесняются многолетниками почти до полного их исчезновения, или они сохраняются лишь на более освещенных площадках.

Такое же изменение в составе травянистой растительности на открытых пространствах наблюдается и по мере движения с юга на север; в северных широтах является решительное преобладание многолетников над однолетниками и двулетниками. Низкая температура среды и кратковременность вегетационного периода на севере исключают возможность развития многих однолетних растений: растению требуется несколько лет, чтобы скопить запасные вещества, необходимые для формирования цветов; накопив их достаточное количество, растение, наконец, зацветает и плодоносит.

VI. Живой почвенный покров леса чрезвычайно богат гниlostными растениями, которые не принимают углекислоты из атмосферы, а покрывают свою потребность в углероде за счет органических соединений почвы, образующихся при разложении отмерших растений и животных. Здесь встречаются в первую очередь грибы, относящиеся к различным порядкам, прежде всего слизистые (*Mucoromycetes*) и дробянки (*Schizomycetes*), затем грибы, образующие мицелий, пронизывающий перегной почвы: пугревники (*Gastromycetes*), сумчатые (*Ascomycetes*) и в особенности шляпные, или пленчатые, грибы (*Hymenomycetes*); из всех гниlostных растений леса пленчатые грибы больше всего бросаются в глаза как вследствие значительного количества их, так и по величине их спораносцев и яркой их окраске, благодаря которой они выделяются на фоне лесного покрова. После продолжительного летнего или осеннего дождя можно видеть целые тысячи спораносцев пленчатых грибов, выросших из-под покрова.

Затем видную роль играют мхи, растущие на лесной почве, питааясь разлагающимися растительными остатками и перегноем. Некоторые мхи из родов *Hypnum* и *Hylacomium* образуют сплошные заросли на перегное, расстилаясь мягким зеленым ковром непрерывно на больших пространствах; другие же, как виды *Hedwigia* и *Rhacomitrium*, образуют пышные подушки на выступах камней и скал в лесу; виды же *Dicranum*, *Webera* и *Tetraphis pellucida* одевают, словно зеленым мехом, рыхлую труху гниющих древесных стволов.

Повсюду среди мхов встречаются и плауны, которые являются настоящими гниlostными растениями, а также и некоторые папоротники.

К цветковым растениям лесов Северной и Средней Европы, относящимся отчасти или целиком к гниlostным растениям, принадлежат, помимо видов зубянок (*Dentaria bulbifera*, *digitata*, *enneaphyllos*), предпочитающих перегной из буковой листвы, и грушанок (*Pyrola*), придержающихся перегной хвойного леса, прежде всего многочисленные орхидеи. Орхидеи или снабжены зеленой листвой, или же совершенно лишены листьев и, следовательно, не способны к усвоению углерода из атмосферного воздуха; к первым относятся: тайник сердцевидный (*Listera cordata*)—изящная мелкая трава; ползучка (*Goodiera repens*) с пушистыми лепестками; виды пыльцеголовника (*Cephalanthera*); виды дремлика (*Epipactis*) и виды любки (*Platanthera*). К безлиственным орхидеям принадлежат: надбородник гмелинов (*Epipogon Gmelini* = *Limodorum epipogium*); гнездовка безлистная (*Neottia Nidus avis*); ладьян коралловый (*Corallorhiza innata*).

У гнездовки многочисленные корни, погруженные в перегной и напоминающие по форме и окраске дождевых червей, образуют удивительное сплетение величиной с кулак, которое сравнивалось с птичьим гнездом и дало повод к наименованию растения. Надбородник же и ладьян совершенно лишены корней, а имеют лишь подземную часть стебля, так называемое корневи-

ще. Вилообразно разделяющиеся ветви этого корневища кажутся спрессованными в одну плоскость и образуют тело, живо напоминающее ствол коралла; этот коралловый стебель живет под землей и становится видным лишь по снятии мха с подстилки.

Проникающего летом через полог леса скудного солнечного света достаточно гнилоственным растениям, и достойно внимания, что в тени лиственных лесов, взамен зелени луковичных и клубневых растений, уже в июне пожелтевших и закончивших свой цикл, из перегной вырастают летом лишенные хлорофилла орхидные растения: надбородник (*Epipogon aphyllum*) и ладьян (*Corallorhiza innata*), а также тоже лишенные зеленой листвы поддельники (*Monotropa hypopitys*) из сем. грушанковых и петров крест (*Lathraea squamaria*) из сем. норичниковых и затем множество грибов.

VII. Так как в насаждении циркуляция воздуха очень слабая и плоды и семена травянистых растений поэтому не могут быть распространяемы здесь ветром, то у многих растущих в лесу трав образовывался ряд приспособлений для выбрасывания спелых семян. К таким травам относятся: *Cardamine impatiens*, *Impatiens Noli tangere*, *Mercurialis perennis*, *Orobus vernus*, *Oxalis acetosella*, *Viola canina*, *V. sylvestris*, *Dentaria*, *Lathraea squamaria*, а также *Lathyrus sylvester* и *Geranium palustre*.

Расстояние, на которое отбрасываются семена от материнского растения, составляет до 9—10 м и в редких случаях до 15 м, именно при самых сильных приспособлениях к метанию (у *Bauhinia purpurea*). В общем это расстояние очень ничтожно сравнительно с расстоянием, достигаемым при распространении семян ветром. «Поэтому, — говорит Кернер, — нельзя не упомянуть, что во многих случаях вместе с выбрасыванием соединяется еще другой способ распространения плодов и семян, на который указывает название *Impatiens Noli tangere*, по-русски «недотрога». Те плоды, выбрасывающие семена, у которых высокое напряжение тканей обуславливается набуханием и тургором особых слоев клеток, устроены таким образом, что напряжение стенок плода уничтожается малейшим прикосновением, причем семена выбрасываются навстречу или вдогонку задевшему растению животному. Животные, проходя в лесу мимо *Cardamine*, *Dentaria*, *Oxalis* и т. д., от прикосновения к плодам этих растений облепляют их семенами, и часть этих семян, несомненно, остается на шерсти или оперении животных и может, с помощью последних, относиться на далекое расстояние от материнского растения».

Наконец, распространение семян и плодов многих лесных трав производится многочисленной и трудолюбивой армией муравьев.

Семена или иногда плоды бывают снабжены сочным беловатым придатком, в котором находятся питательные вещества. Муравьи лакомятся этим придатком, не трогая семени, которое бывает защищено броней из жесткой гладкой оболочки. При помощи муравьев распространяются семена подснежников, фиалок, хохлаток, копытня, плодики медуницы (*Pulmonaria officinalis*) и др.

VIII. У многих травянистых растений, произрастающих в лесу, на нижней поверхности листьев образуется антоциан, придающий пластинкам фиолетовую окраску (*Hepatica triloba*, *Lactuca muralis*, *Senecio nemorensis*, *Valeriana tripteris*, *Hieracium tenuifolium* и др.); назначение его — улавливать скудный свет для обращения его в тепло, в котором растения в тени испытывают недостаток. Такое же явление наблюдается на многих растениях, обитающих на горных высотах и на дальнем севере; и тут, и там, между прочим, у многих злаков, осонок и ситников (*Aira caespitosa*, *Briza media*, *Poa annua*, *P. nemoralis*, *Carex nigra*, *Vuncus* и др.) цветочные чешуи и некоторые другие части окрашены антоцианом в синий или красный цвет (тогда как в теплых долинах и в более южных широтах эта окраска зеленая), и назначение антоциана то же самое — превращать световые лучи в тепловые для покрытия недостачи непосредственного тепла в воздухе.

## МЕРТВЫЙ ПОКРОВ

Мертвый покров—это подстилка от листопада и прочих отмирающих органических веществ, образующаяся, например, под Москвой в трехъярусных, полных, средневозрастных и спелых сосняках ежегодно, в среднем в количестве 4157 кг на 1 га, а в средневозрастных ельниках—до 6964 кг на 1 га.

По проведенным в 1876 г. в вюртембергских лесах исследованиям количества отпада буковой листвы в зависимости от бонитета места, оказалось, что за год (*Monatsschrift f. F. и V. W.*, 1876, p. 289) воздушно-сухой подстилки на 1 га образуется (кг):

Бонитет	I 3047	II 2213	III 1462	IV 1149	V 617
---------	-----------	------------	-------------	------------	----------

По обстоятельным исследованиям Эбермайера об образовании мертвой подстилки (*die Waldstreu*) в Баварии, количество ежегодного отпада листьев и хвои составляет (кг на 1 га):

Порода	Возраст (лет)			
	<30	30—60	60—90	90—130
бук . . . . .	—	4104	4106	3988
ель . . . . .	5258	3964	3376	3273
сосна . . . . .	—	3397	3491	4229

Отпад же в отдельных насаждениях одинакового бонитета составлял:

Порода	Возраст (лет)			
	<30	30—60	60—90	90—130
бук . . . . .	—	(I) 2998—6396	(II) 3269—5044	(III) 3938—5032
ель . . . . .	—	(I) 1927—3073	(IV) 1962—6016	(III) 2406—6864
сосна . . . . .	—	(III) 3108—4230	(III) 2012—4031	(III) 2935—6038

Следовательно, этот отпад при одинаковом возрасте насаждения и одинаковом бонитете колеблется в весьма больших пределах. На более низких бонитетах в общем отпада меньше, чем на лучшем, но в отдельных случаях масса отпада листвы на III бонитете бывает меньше, чем на IV бонитете.

По исследованиям Флюри над отпадом буковой листвы, произведенным в июне 1892 г. в Зивальдской даче г. Цюриха на шести пробах, возрастом от 70—98 лет и лишь одной—35 лет, оказалось, что воздушно-сухой буковой листвы на 1 га приходилось в среднем за год 5522 кг с колебаниями от 4317 до 6921 кг (максимальная величина оказалась в 35-летнем буковом насаждении). Принимая продолжительность разложения опавших листьев в два года, получаем годовой отпад в буковом лесу в среднем 2000—3000 кг на 1 га.

Колебания отпада листьев и хвои из года в год представляются весьма значительными. Эбермайер исследовал одни и те же насаждения в течение семи лет. Высшие и низшие отпады представляются в следующих величинах, абсолютных и процентных:

Порода	Возраст (лет)					
	30—60		60—90		свыше 90	
	максимум	минимум	максимум	минимум	максимум	минимум
бук . . . . .	4674 (100)	3814 (82)	4612 (100)	3625 (79)	4449 (100)	3464 (76)
ель . . . . .	4477 (100)	3572 (80)	4101 (100)	2138 (52)	3943 (100)	3201 (81)
сосна . . . . .	4040 (100)	2114 (52)	3840 (100)	2429 (63)	4999 (100)	3795 (76)

Даже в среднем по всем пробам как в хвойных, так и в лиственных насаждениях разница в количестве отпада листвы и хвои достигает 50%.

Причину этого явления приходится искать в метеорологических условиях различных лет, которые, через то или иное состояние почвы, влияют на развитие листовых органов.

На основании данных Западной Европы, по-видимому, по мере движения с юга на север количество годового отпада ассимилятивных органов в лесу уменьшается.

Так, для букового леса средний отпад составляет: в Швейцарии 5522 кг с максимумом 6921 кг, а в Баварии 4106 кг с максимумом до 4612 кг, в Бюртемберге же лишь 3047 кг.

В Петровской лесной даче Академии с 1904 г. также производится учет отпада органического вещества в двух сосновых насаждениях, возрастом—одно 90—95-летнее, а другое—36—44-летнее. С 1911 г. величина отпада стала учитываться не только за вегетационный период, как было раньше, но и за зимнее время. С 1915 г. такой же учет отпада предпринят в еловом насаждении 47-летнего возраста. По учетам за 13-летие, в сосновых насаждениях величина отпада составляет в год в старом сосняке 4156,7 кг с 1 га с колебаниями по отдельным годам от —25,8 до +35,8%, а в молодом 4154,6 кг с 1 га с колебаниями по отдельным годам от —26,9 до +48,0%; в ельнике за восьмилетие количество годового отпада составляет 6963,6 кг с 1 га с колебаниями по отдельным годам от 16,6 до 81,8%, следовательно, отпад в ельнике на 67,5% больше против средней (4155,6 кг) для обоих сосняков.

Подробные результаты этого отпада за период 1911—1924 гг. представляются в таком виде (кг на 1 га):

Год	Спелый сосняк	Средневозрастной	
		сосняк	ельник
	Пробы		
	«Ж» (3-й кв.)	«Е» (6-й кв.)	«Ж» (6-й кв.)
1911	4200,9	4680,7	—
1912	3085,1	3644,1	—
1913	4192,0	6159,7	—
1914	4086,7	3834,2	—
1915	5143,0	4124,1	—
1916	3559,7	3880,3	5707,4
1917	4128,5	4352,2	9409,8
1918	3955,0	3817,3	6190,5
1919	3763,9	3048,0	5845,7
1920	3146,1	3886,9	8514,5
1921	5031,0	3684,9	7543,4
1922	4113,1	3377,4	3922,0
1923	5632,7	5520,7	8575,3
<b>Среднее</b>	<b>4156,7</b>	<b>4154,6</b>	<b>6963,6</b>

В вышепоказанных величинах отпада содержатся листья и хвоя, а также ветки, шишки, почечные чешуи и прочие органические остатки.

По сравнению с баварскими данными, в центральной части СССР в хвойных лесах ежегодный отпад составляет гораздо большее количество, а именно:

	В Баварии	В Петровско-Разумовском	Больше на
Ельник . . . . .	3964	6964	75,7%
Сосняк . . . . .	3397—3491	4156	21,3%

Независимо от учета общей органической массы, причину этого явления составляет: 1) у нас большая густота древостоя и 2) более густое охвоение деревьев.

До сих пор количество отпада интересовало лесоводов лишь с точки зрения образования мертвой подстилки. Но масса листьев и хвои, как ассимилятивных органов, заслуживает самостоятельного изучения в связи с изменением возраста насаждения и степенью прореживаний. Так как количество листвы и прирост древесины в насаждении находятся в самой тесной взаимной связи, то исследования по этому предмету биологии представляются настоятельно необходимыми.

Характерной чертой мертвой подстилки является горизонтальная слоистость ее. Эта особенность структуры ее соответствует ежегодным отложениям отпада, подобно отложениям древесины в древесном стволе.

Подстилка имеет большое значение для лесной почвы и жизни насаждения:

1) как губка, она поглощает воду, способствуя большему просачиванию последней в землю;

2) понижая испарение, увеличивает влажность минеральной почвы; этому благоприятствует и горизонтальная слоистость подстилки;

3) благодаря своей мягкости и эластичности она предохраняет почву от уплотнения;

4) как плохой проводник теплоты, подстилка ослабляет лучеиспускание, уменьшает колебания температуры почвы и защищает почву от промерзания зимой;

5) она—образователь гумуса и поставщик растворимых минеральных солей; поэтому равносильна искусственному удобрению; мало того, в явлении отпада леса совершается на земном шаре важный универсальный процесс: извлечение из глубин земли корнями древесной растительности минеральных солей, перевод их через древесные организмы в удобоусвояемую форму и отложение их в таком состоянии, вместе с отпадом, в верхних слоях почвы, с повышением плодородия почвы;

6) при посредстве микроорганизмов подстилка, по-видимому, усваивает свободный азот воздуха (исследования Ненгу);

7) мертвая подстилка доставляет пищу животному населению почвы. Лесная почва кишит животными организмами: дождевыми червями, личинками насекомых, муравьями, кротами и пр. Животные эти производят полезную для леса работу, а именно:

1) измельчают растительные остатки; перемешивая их в своем кишечнике с минеральными частицами, содействуют образованию гумуса;

2) ходами своими делают почву рыхлой и лучше проветриваемой и

3) щелочными пищеварительными соками нейтрализуют гумусовые кислоты.

Еще более выдающуюся роль, чем животные, играют в лесной почве грибы и бактерии. Лесной перегной, как уже выше сказано, пронизан гифами грибов (базидиальные грибы осенью в лесу—всем известное явление); мицелии грибов выделяют кислоту щавелевую, широко распространенную в группе грибов, а также муравьиную, яблочную, винную и лимонную кислоты, которые, по исследованиям Штала, Кунце (1906 г.) и др., разъедают и растворяют минеральные частицы почвы.



Это растворение, при наличии кислого перегнойной почвы (когда покров состоит из вереска, брусники и черники), может быть настолько энергичным, что вызывает опасность подзолообразования в верхнем слое почвы.

С. К р а в к о в<sup>1</sup>, исследовавший роль мертвой подстилки в деле почвообразования с химической и физической стороны, приходит к заключению, что:

1) деградационные явления в почве принимают резкие и энергичные формы, если почвы систематически обрабатываются растворимыми продуктами разложения растительных веществ;

2) хвойная растительность дает наименьшее количество растворимых органических веществ и в наименьшей степени деградирует почву;

3) в природе деградирующим фактором является не вода, а те же растворимые продукты разложения органических остатков;

4) лесные суглинки наиболее подвержены деградации по относительной потере гумуса — чернозем потерял 21,0% своего гумуса, а лесной суглинок — 24,9% своего гумуса.

Высшие растения, в том числе и деревья, извлекают большую пользу из растворяющего действия грибов на почву. Эта польза для древесных растений особенно резко выражена при образовании микориз, то есть симбиоза из низших организмов, грибов, с корнями древесных растений.

Многие грибы живут в тесном сообществе с древесными растениями, обитая на корнях этих последних; конечные разветвления корня при этом окутаны нитями мицелия, образующими войлокообразное сплетение, называемое мицелиевым покровом, причем места гифы внедряются и в стенки клеток кожицы корня. Гифы мицелия исполняют для дерева роль корневых волосков: почвенная вода с растворенными в ней минеральными солями и другими соединениями через посредство мицелиального покрова поступает из почвы в корни растения, а отсюда вверх в ствол, ветви и листву. Конечные же разветвления корней так сильно закупорены в минеральном покрове, что они не в состоянии образовывать на клетках кожицы всасывательных волосков.

С другой стороны, гриб получает от него необходимые пластические вещества, фабрикуемые листвою с помощью солнечного света.

Число видов растений, живущих в описанном симбиозе с грибами, очень велико. За исключением немногих трав (например, грушанка—*Rugola*), почти все эти растения суть древесные. Сюда относятся: брусничные (брусника, черника и др.), вересковые, лавровые, плюсконосые (дуб, бук, каштан и др.), ивы, тополи, липа, терновник, земляничное дерево, японская софора, дрок (*Genista tinctoria*), волчник (*Daphne mezereum*), рододендроны, пихта, сосна и другие хвойные.

Не только названные грибы приносят деревьям положительную пользу, но даже сомнительно, могут ли иные растения развиваться без помощи мицелия. Опыты и наблюдения подтверждают эту мысль. Так, оказались совершенно неудачными попытки выращивания в чистом песке дуба, бука, рододендрона, дрока, волчка и т. д.; если при этом корни и образуются, то они не развиваются, потому что поверхностные клетки этих корней неспособны к принятию пищи без сообщества с грибами. Также неудачны были и опыты воспитания семян бука и пихты в так называемых питательных растворах—появляющиеся всходы в конце концов погибали. Поэтому несомненно, что покров из грибного мицелия для корней названных растений безусловно необходим.

Следовательно, грибы, обитая на корнях вышеуказанных растений, находятся с организмом-хозяином во взаимоотношениях, которые следует отнести к категории мутуалистического симбиоза, т. е. к той форме сожития,

<sup>1</sup> С. К р а в к о в. Исследования в области изучения роли мертвого растительного покрова в почвообразовании. СПб, 1912, стр. 268.

при которой обе стороны извлекают выгоды из совместного существования. В этом последнем и заключается общебиологический интерес описанного явления.

Вследствие этого в древних крупных городах, как Москва, где почва давно уже утратила свои естественные условия и свою фауну и приняла своеобразный химический состав, пихта и ель, посаженные в такую почву, чахнут и гибнут.

Поэтому же понятна и практика садоводов, которые рекомендуют при пересадке многих вышеназванных растений соблюдать правило пересаживать эти растения из леса с комом земли, так как вместе с землей на корнях переносятся в сад и окутывающие корни мицелии, без риска высушивания гиф.

Особенную важность в жизни лесной почвы имеют бактерии, способствующие разложению органических веществ перегноя.

Нельзя не упомянуть также о мутуалистическом симбиозе бактерий с некоторыми мотыльковыми (лупин, горох, бобы, лакричник и др.), а также с ольхами и различными другими растениями: бактерии, особенно *Bacterium radicicola*, поселяются на корнях названных растений, образуя желвачки; растение дает бактериям помещение (квартиру) и некоторые пластические вещества, необходимые им для роста и размножения, а бактерии в свою очередь из атмосферного азота образуют в корнях азотистые соединения, поступающие затем в надземные части растений.

Одним словом, мертвая подстилка—один из главных факторов сохранения производительных сил лесной почвы.

При известных условиях в лесной почве образуется кислый перегной. Наличие его характеризуется:

- 1) кислой реакцией почвы, как и торфа;
- 2) отсутствием дождевых червей;
- 3) почти полным исчезновением бактерий, уступающих свое место грибам, и
- 4) плохим ростом леса.

При этом органические кислоты, проникая в подпочву и окисляясь за счет минеральных соединений, вызывают образование солей закиси железа и увлекают с собой фосфорные, калийные и другие соли, отлагая их в подлежащем почвенном горизонте. В результате верхний слой превращается в подзол, а в нижнем слое почвы образуется ортштейн.

Состав и состояние почвенного покрова в лесу варьируют в пространстве в зависимости от степени освещения почвы.

Общий ход этих вариаций во времени представляется в следующих главных чертах:

- 1) С ростом молодняка пестрый ковер различных трав, обитающих до образования насаждения, постепенно исчезает, причем травы светолюбивые одни за другими первыми сходят со сцены. Долее всего держатся тенелюбивые растения.

- 2) Наступает стадия мертвого почвенного покрова. При этом трава остается только на опушке насаждения.

- 3) Далее, по мере самоизреживания насаждения, снова появляются травы-тенелюбы, затем поселяются светолюбивые лесные, луговые и степные растения.

- 4) С последующим появлением подлеска и подроста вторично происходит замирание живого покрова и выступание на сцену мертвой подстилки.

- 5) После сплошной срубki насаждения совершается на обнаженной почве быстрое заселение трав лесных, луговых и степных; тенелюбы же исчезают.

По флоре опушек растущих насаждений можно, в данном месте, предугадать, предсказать:

а) как флору живого покрова в насаждении, когда оно станет изреживаться,

б) так и травянистую флору на будущей вырубке.

Следовательно, травянистый покров есть живой показатель состояния насаждения: флористический состав и густота этого покрова характеризуют возраст, полноту и форму насаждения.

С другой стороны, живой почвенный покров представляет собой запись исторического прошлого насаждения. Изреживание леса беспорядочными рубками, пастьба скота, сенокосение и тому подобные воздействия человека в лесу вносят глубокое преобразование в самом характере растительного покрова почвы: лесной покров в сильной степени сменяется луговой и сорной растительностью, которая прочно заселяется и обладает необычайной живучестью. Как показывают исследования в Петровской даче Академии, на месте бывшего лесного сенокоса после его облесения сосной сорняки и луговые травы продолжают обитать в насаждении сосновом в течение почти полувека жизни леса. Более того, в сосновом редколесье, служившем когда-то выгоном для скота, в продолжение почти 70 лет еще сохраняются в живом покрове сорняки и луговые растения, как глубокие отпечатки бывшего выгона, о существовании которого уже давно изгладилось воспоминание в человеческой памяти.

Поэтому флористический учет живого почвенного покрова в лесу может служить надежной реакцией для территориального проявления сенокосов и редин, существовавших в лесу 50—70 и более лет тому назад.

Будучи производным от леса, живой почвенный покров находится также в зависимости от местных физико-географических условий—климата, почвы, положения и т. д., которыми обуславливается также и характер насаждения.

Поэтому живой почвенный покров рекомендуется как признак для различия типов местообитания и типов насаждений.

Так, сосновые типы:

1) лишайниковый покров *Cladonia rangiferina* и другие ксерофиты—сухой бор (сухой песок);

2) моховой, *Hylacomium*, *Dicranum*—свежий бор с сосновым подростом (свежий песок или супесь);

3) травянистый покров (злаки и др.)—сложные сосняки (суглинок);

4) с папоротниковым покровом—сложные сосняки (при обилии минеральных солей в почве) и

5) сфагновый покров—болотная сосна.

Значению сфагнума как смертельного врага леса я посвящаю особый очерк.

Живой почвенный покров существенно влияет на ход и судьбу лесовозобновления, так как:

1) он сушит верхний слой почвы;

2) трава—конкурент древесным всходам относительно питательных веществ почвы;

3) корневая система трав оказывает механическое препятствие для развития корней древесных всходов;

4) мощные подушки сфагнума и кукушкина льна (*Polytrichum*) не позволяют укорениться всходам;

5) травы заглушают древесные всходы и задавливают их своим навалом под тяжестью снега;

6) многие из них — носители грибной заразы (*Senecio*, *Melampyrum* и т. д.);

7) представляется опасность от утренников в слое над поверхностью травы.

Борьба с травами в лесу возможна лишь путем уменьшения освещения почвы. А это в свою очередь достигается: а) поддержанием сомкнутости

древесного полога (т. е. густотой древостоя) и б) воспитанием сложных форм насаждения.

В расstroенном лесу эта борьба неизбежно длится на протяжении многих десятилетий: в Петровской лесной даче Академии, хотя истекло уже 60—65-летие правильного лесного хозяйства в ней, борьба с травами в лесу еще продолжается.

При этом нельзя не вспомнить поговорки: «вырубишь лес топорами— зло ж вырубать не легко».

Идеалом воспитания лесонасаждений является наличие мертвого почвенного покрова с редкими травянистыми растениями.

При идеальном состоянии почвенного покрова излучаемая на землю лучистая энергия солнца идет на производство древесины, а не травы.

Таким образом, состояние древесного полога, густота древостоя, рост леса, качество почвы, характер почвенного покрова, фауна надземная и подземная и т. д.—все это находится в древесном сообществе в тесной взаимной связи; вся совокупность этих элементов представляет собой единый комплекс жизни.

В распоряжении агронома имеется арсенал искусственных средств для поднятия плодородия почвы, тогда как лесовод при современном состоянии культуры довольствуется еще средствами самой природы:

а) механическая обработка почвы поручается корням деревьев и животному населению почвы,

б) внесение удобрения возлагается на древесный полог,

в) борьба с засухой лесоводом ведется с помощью того же древесного полога, который служит средством для накопления, сбережения и разумного использования влаги.

Сомкнутость полога есть общая черта, свойственная всем насаждениям. Раз взаимная связь между кронами деревьев отсутствует—нет насаждения, а является редина, луг с деревьями и т. д.

Каким бы путем ни возникало насаждение (естественным налетом, пневой порослью или искусственно—посевом или посадкой), в первые годы его развития мы имеем перед собой лишь изолированные друг от друга древесные растения.

По истечении более или менее продолжительного числа лет наступает вторая стадия, когда деревца, разрастаясь, столкнутся своими кронами и придут в соприкосновение с корневыми аппаратами. С этого момента простая механическая совокупность деревьев становится насаждением.

Этот фазис жизни сообщества выражается явлениями двойного порядка:

1) образуется своеобразная обстановка, большей частью благоприятная как для наличного поколения, так и для потомства (задержание ветра, ослабление доступа света к почве, задержание лучеиспускания, большая относительная влажность воздуха, уменьшение температуры и ее амплитуды в воздухе и почве и т. д.), и затем

2) возникает борьба за существование между деревьями, борьба за свет, влагу, почву и т. д.

Эта борьба протекает непрерывно, хотя и с различной интенсивностью, в течение всей последующей жизни насаждения, так как деревья не имеют возможности перемещаться.

Борьба эта выражается:

1) дифференцировкой деревьев,

2) очищением стволов от нижних живых сучьев и

3) убылью числа живых деревьев.

Процесс отмирания слабых и менее приспособленных деревьев протекает в древесном сообществе в таком крупном масштабе, что из многих десятков тысяч или даже сотен тысяч растений выживает к 100-летнему возрасту лишь несколько сотен экземпляров на десятине, или около 5% первоначальной численности населения.

Чистые и смешанные сообщества—это две категории насаждений по составу.

Некоторые древесные породы способны образовывать чистые насаждения, т. е. сообщества, состоящие из одного и того же вида.

Вследствие одинаковости требований, однако, завязывается самое ожесточенное состязание из-за пищи, причем более слабые особи быстро вытесняются и отмирают.

В таком сообществе тем не менее есть польза для вида:

1) возможность отстаивать почву от других враждебных травянистых и древесных растений,

2) достижение более верного и обильного опыления,

3) обеспечение развития всходов под материнским покровом,

4) большая ветроустойчивость сообщества,

5) сохранение и улучшение расы, а также, вероятно, и другие, пока мало выясненные преимущества и выгоды для вида.

Обозревая разнообразие видов древесной растительности, нельзя не заметить, что одни древесные породы более способны давать чистые насаждения: ель, сосна, пихта, ольха, бук и др.

Причины этого явления биологические и почвенные:

1) многочисленные семена, которые легко распространяются и сохраняют всхожесть долгое время (ель и сосна);

2) способность переносить затенение и подавлять своей тенью другие виды (ель, пихта и бук);

3) общественному произрастанию некоторых пород содействуют также специфические условия почвенной среды:

а) сухость и бедность почвы, доступной для обитания только какой-либо одной породы (сосна),

б) или избыточная влажность почвы, которую может переносить в нашей флоре лишь такая порода, как черная ольха,

в) избыток минеральных солей в почве (дуб на солонцах).

При внимательном изучении лесорастительного покрова наблюдается, что многие породы, как дуб, липа, осина, лиственница, а также часть березы, обладают уже меньшей стойкостью и легко оставляют занимаемое ими место, как поле борьбы, другим, лучше вооруженным конкурентам из трав и древесных растений.

Наконец, есть породы, которые образуют довольно многочисленную группу—клен, ясень, ильм, вяз, тисс, кедр, яблоня и другие,—уже совершенно неспособные к образованию чистых сообществ и всегда растущие отшельниками, в одиночку среди насаждений других пород.

Неспособны они к тому по различным причинам:

1) вследствие ограниченного числа семян (кедр с 70—80-летнего возраста дает в среднем через каждые 6—10 лет по 60—80 шишек с дерева, заключающих до 1000 орешков);

2) вследствие поедания плодов животными—кедровка (тоже ронжа) и белка—орешки кедра, сойка и мыши—желуди дуба;

3) вследствие слабости всходов (ильмовые);

4) вследствие повреждения животными—цейцера (*Zeuzera pirina*) на ясене, зайцы и мыши объедают кору клена и яблони, а также Веймутовой сосны и холодом—семена ильма и желуди дуба;

5) вследствие сильного изреживания в старом возрасте (лиственница и береза);

6) по причине часто встречающейся разномомности: клен—то однодомное, то двудомное растение [двудомность ясенелистного клена (*Acer negundo* var. *borealis*), растущего на улицах и бульварах г. Москвы,—общее пра-

вилы<sup>1</sup>); ясень тоже стремится к двудомности; так, ясень маньчжурский (*Fraxinus mandschurica*) дерево двудомное<sup>2</sup>.

Среди ильмов есть мужские экземпляры.

Тисс (*Taxus baccata* L.) вымирает, вероятно, по своей двудомности и вследствие уничтожения его человеком (когда не было огнестрельного оружия, из древесины тисса готовились луки, а по прочности его из него изготавливались гробницы фараонов и для знатных особ).

Геоисторические причины отчасти содействовали образованию чистых насаждений в европейских лесах:

а) В Северной Европе лесная древесная растительность состоит лишь из немногих видов (15—20), и здесь не может быть таких пестрых, смешанных сочетаний, как в тропических странах,—например, в лесах Бразилии имеется до 400 видов деревьев, и можно представить, какой пестрый, мозаичный ковер деревьев представляет бразильский лес и как трудно изучать бразильскому студенту дендрологию.

В плиоценовый период, т. е. доледниковой эпохи, подобная же пестрота флоры была и в лесах Европы.

б) Почва Северной Европы принадлежит к самым молодым геологическим образованиям. С тех пор, как ледниковый период произвел здесь переворот, прошло еще слишком короткое время (для Южной Швеции и Финляндии, а также для Северной Германии и для северо-западной части нашей страны истекло около 11000—12000 лет), и многие древесные породы еще не успели эмигрировать (расселиться). Эмиграция эта продолжается в наше время; на севере Европы (русской части СССР) пихта, сибирская ель и кедр являются в наших лесах сибирскими эмигрантами.

В общем чистые насаждения в природе имеют ограниченное распространение, и в естественноисторическом ходе эволюции лесной растительности подмечается тенденция к переходу, по крайней мере, некоторых чистых насаждений в смешанные. Так, в сосновых борах, занимавших искони веков сухие пески, с накоплением перегноя и иловатых частиц эолового происхождения или от наноса поверхностных вод, постепенно заселяется ель, сперва скромным подростом, а затем она забирается и в состав насаждения, которое мало-помалу, по смене ряда поколений, переходит в смешанно-хвойное.

В ельниках, после изреживания их ветровалами, тем же путем, на плодородной почве заселяется липа, и постепенно чистый ельник переходит сперва в хвойно-лиственный и затем в лиственный-хвойный (липово-еловый) насаждение, стремясь в конечном результате дать чистый липняк.

Естественное расселение древесных пород ныне ускоряется на целые тысячелетия, под влиянием человека.

Успехи натурализации иноземных пород на материках Старого и Нового Света обещают внести колоссальные изменения в составе лесной флоры на земле.

В смешанном насаждении существование сообщества деревьев зависит от разнообразия требований, предъявляемых различными видами по отношению к условиям жизни.

1) Чаще всего характер смешанных насаждений определяется степенью потребности в свете различных пород.

Одни породы для своего нормального существования требуют много света (лиственница, ясень, береза, осина, сосна), а другие мирятся с значительным затенением (ель, бук, липа, пихта и остролистный клен), и в при-

<sup>1</sup> Женская особь ясенелистного клена отличается от мужской тем, что молодые побеги и черенки листа имеют белесоватый налет, т. е. они «белятся», тогда как женская особь тополя (в том числе осина) имеет розоватый цвет листовых черенков, т. е. она «румянится».

<sup>2</sup> Маньчжурский клен растет в сквере недалеко от Исторического Музея по аллее, идущей вдоль стены Кремля.

роде широко распространены именно такие насаждения—сообщества, в составе которых светолюбивые породы сочетаются с теневыносливыми (сосна с елью или ель с березой и т. д.).

Если светолюбивая порода (береза, лиственница, осина, сосна) образует даже чистые насаждения, то эти последние с возрастом сильно изреживаются и тем самым дают возможность появления под ними подроста из теневыносливых древесных растений; часть этого подроста, при благоприятных условиях, с течением времени переходит и в состав насаждения, и в результате образуется смешанный его характер.

Этот переход значительно ускоряется в том случае, когда светолюбивая порода (береза или сосна) менее долговечна, чем подмешанная к ней более теневыносливая порода (ель, или дуб, или липа), и мало-помалу выпадает.

2) Неодинаковая требовательность в отношении тепловых условий также служит важным фактором, обуславливающим смешанный состав насаждений.

Некоторые породы не переносят резких колебаний температуры воздуха, в частности весенних утренников, причем сильно страдают и даже гибнут от них, произрастающая без смеси, то есть в чистом виде или изолированно (дуб, ясень, ель на влажных местах).

Благодаря наличности умеренной температуры воздуха и почвы в насаждении есть возможность успешного произрастания в нем, в виде подмеси, древесных пород, чувствительных к морозу. Поэтому мы встречаем насаждения, в которых хорошо растут подмесью ясень, клен и ильм. Поэтому же дуб разводится исключительно в смешанных, а не в чистых насаждениях. Отчасти по той же причине и ель, страдающая в северной полосе Европейской части СССР от утренников, заселяется здесь в молодых осинниках и березниках, произрастая в этой обстановке удовлетворительно, а дуб в молодости выживает здесь лишь под пологом сосны и частью березы.

3) Различие в требованиях почвенной влаги у различных пород имеет огромное значение, вызывая смешанный состав древесного насаждения.

Сосна мирится с сухой почвой, ель требует почву более свежую. В сосняках, накопивших известный запас влаги в верхних слоях почвы, благодаря влагоконсервирующей способности насаждения, заселяется ель, и если в почве есть излишек влаги, против нужного для сосны, то, с течением времени, образуется смешанное насаждение из сосны с елью. При этом ель может довольствоваться гораздо более скромным количеством влаги сравнительно с тем, что нужно ей при произрастании изолированно или в чистом ельнике, так как расход воды у нее в этом случае меньше благодаря большей относительной влажности воздуха и слабой его циркуляции под пологом сосняка.

Благодаря тем же условиям накопления почвенной влаги и ослабления транспирации ясень, для нормального произрастания требующий сырой почвы, успешно растет в смеси с буком на почвах, отличающихся только свежестью. Следовательно, слабая циркуляция воздуха и повышенная его влажность в буковом насаждении дают возможность ясеню в этой среде обойтись без сырости почвы.

4) Рассматриваемое влияние почвенной влаги наиболее рельефно выступает в связи с особенностями развития корневого аппарата у различных пород. Древесные породы принимают влагу с различных глубин, так как одни снабжены глубоко идущими корнями, а другие обладают мелким, поверхностным укоренением. И это различие построения корневого аппарата благоприятствует прочному сожителству соответственных пород. Пример—сосна и ель. В этой форме сожителства хорошо видна, между прочим, взаимная зависимость деревьев в сообществе: сосна, черпая на песках и сунесях влагу из глубины, недоступной для ели, увлажняет воздух, благодаря чему ослабляет транспирацию ели. А ель, со своей стороны,

способствует накоплению мертвой подстилки и сбережению перегной, большому просачиванию снеговой и ливневой воды в почву и сохранению желательной животной и растительной жизни в почве, словом, она дает то, в чем так нуждается чистый сосняк, изреживающийся с возрастом страдающий от иссушения и одичания почвы и от образования кислого гумуса.

На этом примере мы видим, как в сообществе дерево дереву помощь оказывает.

Кроме того, различие в развитии корневого аппарата обеспечивает большую ветроустойчивость насаждения: здесь чисто механическое значение подмеси с глубоким укоренением. Пример—ель с примесью пихты или ель в смеси с лиственницей.

Образование глубокого укоренения обеспечивается воспитанием насаждения смолоду в густом древостое.

Само собой разумеется, что в чистом насаждении, где корни всех деревьев распространены в одном и том же почвенном горизонте, после взаимного соприкосновения корневых аппаратов, завязывается между деревьями усиленная борьба за существование, влекущая за собой неизбежно чрезмерную гибель многих деревьев в сообществе.

Мы не можем подробно останавливаться на связанных с корневой системой взаимных отношениях древесных пород, так как характер построения этой системы у различных пород пока еще очень мало изучен, несмотря на высокую важность этого предмета как для теории, так и для практики лесоводства.

5) Затем надо обратить внимание на количественное различие в потреблении минеральных веществ различными древесными породами и на разновременность принятия ими минеральной пищи.

Но эта сторона предмета в лесоведении, как и вообще область физиологии насаждения, ввиду трудностей, связанных с исследованием питания древесных растений, пока мало разработана.

Агрономическая же химия давно уже установила, что составные части почвы, необходимые для одного растения, излишни для другого, а потому непрерывная культура одного и того же сельскохозяйственного растения влечет за собой истощение почвы. На этом, как известно, основывается вся теория удобрения почвы Либиха, а также и плодосменное хозяйство, так как растение оставляет после себя в почве вещества, пригодные для питания другого, последующего за ним растения.

То же самое наблюдается и в лесонасаждении смешанном, где питательные вещества, остающиеся в почве одной древесной породой, оказываются полезными и особенно необходимыми для роста другой, подмешанной породы.

О количественном различии в потреблении минеральных веществ разными древесными породами можно отчасти судить по содержанию этих веществ в золе древесины:

	Фосфорные кислоты (%)	Окись натрия (%)	Окись кальция (%)
У дуба . . . . .	4—5	11	78
» ели и пихты . . . . .	9—15	20	45
» бука . . . . .	>20	18,5	48
» березы . . . . .	7	13	38
» сосны . . . . .	4	6	62

О принятии минеральной пищи деревьями не в одно и то же время года говорит нам как разновременность пробуждения их вегетации (сосна и ель или лиственница и ель), так и различия в наступлении отдельных фаз развития деревьев.



Количественное отношение в составе смешанных насаждений, или, как говорят, пропорция смешения, бывает весьма разнообразно. Иногда породы встречаются смешанными в равных приблизительно количествах, чаще же одна порода в большей или меньшей степени преобладает.

Принята оценка смешения по десятибалльной системе.

При характеристике насаждения преобладающая порода называется господствующей, а примешанные к ней—подчиненными.

Кроме этих наименований, в лесоводстве еще отличают: главную породу, которая составляет предмет хозяйства, и второстепенные, подмесь коих полезна для главной в отношении защиты почвы, подгона или выформировки стволов главной породы.

По форме размещения подчиненной породы различают в насаждении подмесь:

- 1) единичную,
- 2) групповую,
- 3) котловинную, или островную; кроме того, в искусственных насаждениях:

4) рядовую и

5) полосовую.

Первая форма смешения (единичная) с хозяйственной точки зрения часто представляется более желательной, так как при этом благотворное влияние насаждения на примешанную породу выражается полнее всего (равномерность условий роста подмеси среди сообщества).

Но вообще надо заметить, что в течение жизни насаждения характер размещения подмеси может подвергаться значительным изменениям, сопровождаясь даже переходом одной формы подмеси в другую: из групповой может образоваться единичная, и, наоборот, единичная подмесь, при благоприятных для нее условиях (например, при уходе за ней), может перейти в групповую и затем в котловинную или даже получить со временем преобладание в составе сообщества. Например, ель, единично произрастающая в молодом осиннике, через 3—4 десятилетия может настолько распространиться, что современный осинник превратится в ельник.

Поэтому форма смешения может иметь большое значение для жизни насаждения и для ухода за ним.

Первые три формы подмеси—этапы при расселении данной породы. Для иллюстрации приведу Академическую дачу и южные уезды Московской губернии.

В начале 60-х годов прошлого столетия ель встречалась в Петровской даче кое-где в виде подроста 10—15-летнего возраста и единичными экземплярами около 70—80 лет.

Около этих одиноких елей, по достижении ими семенной возмужалости, естественно образовались под пологом смешанных насаждений островками еловые молодняки, из которых некоторые, путем вырубki произраставших над ними лиственных деревьев (дуба, березы и осины), были превращены почти в чистые еловые насаждения.

Такие ельники, имевшие в 1915 г. средний возраст 55—67 лет, находятся в трех участках (во 2-м и 10-м квартале): в одном из них еще жива прародительница—ель 135—140-летнего возраста, а в остальных они в недавнее время погибли.

Поблизости от этих ельников, на расстоянии до 60 м, под дубравой 10-го квартала тоже и под березником 2-го квартала дружно расселяется одиночно и группами молодой авангард ели, представляющий собой уже третье поколение (внучат названных прародительниц).

Ель под Москвой начинает плодоносить около 35-летнего возраста, и плодоношение у нее повторяется довольно часто. За последние 20 лет необычайно обильные урожаи еловых шишек были в 1900, 1913 и 1918 гг., и они оставили по себе большой след, дав много подроста.

Из более ранних урожаев можно отметить 1877 г., когда на елях уродилось такое множество шишек, что у некоторых елей вершины обламывались под тяжестью урожая. В 80-х годах много уродилось семян ели к весне 1886 г.; затем огромные урожаи семян были к весне 1891 и 1896 гг.

Благодаря часто повторяющимся урожаям семян и теневыносливости этой породы ель распространяется естественно весьма быстро по территории дачи, в особенности в понижениях. Где заселилась одиночная ель, там, по достижении ею возмужалости, всегда образуется обильный подрост.

В отношении распространения ели в Петровской даче напрашивается вопрос, существовали ли здесь в прежние времена, скажем 4—5 столетий тому назад, ельники, которые были затем истреблены человеком настолько, что к XIX в. ель уцелела лишь единичными экземплярами, или же эта порода едва только что успела поселиться в даче за последние 2—3 столетия отдельными особями и группами?

Принимая во внимание, что Петровско-Разумовское лежит у современной южной географической границы сплошных ельников, занимающих северо-восточную часть Московской губернии, в юго-западной же части губернии ель произрастает только одиночными экземплярами или островками в пониженных местоположениях, следует полагать, что на территории Петровской дачи ель является сравнительно недавним поселенцем, и расселение ее здесь есть частное проявление того общего величественного движения этой породы с северо-востока на юго-запад СССР, которое началось с Алтая и Урала после ледникового периода.

В пользу этого взгляда говорят, во-первых, слабая оподзоленность местного суглинка, во-вторых, отсутствие в местной травянистой флоре растений, характерных для области сплошных еловых лесов, как например *Oxalis acetosella*, *Pyrola rotundifolia*, *P. secunda*, *Hepatica triloba*, *Galium triflorum*, *Linnea borealis* и др., и, в-третьих, произрастание, наоборот, растений, как например *Rhamnus cathartica*, *Prunus chamaecerasus* и *Pyrus malus*, которые произрастают в южной половине губернии, где ель встречается только спорадически.

Этапы расселения ели по территории Петровской дачи намечаются расположенными одиноко в даче первыми пионерами—старыми елями, которых до 1914 г. насчитывалось семь штук; они расположены по северо-западному склону холма, пересекающего дачу. В этом направлении, очевидно, и заносились с низовьев р. Жабенки первые семена ели. Этот занос начался лет 200 тому назад.

В Лосином Острове, расположенном к северо-западу от Петровской дачи, ель поселилась гораздо раньше, чем в Петровской даче. Там восточная половина—сплошные ельники с единично вкрапленными кое-где 250—300-летними соснами, а в западной части на супеси еще доминируют сосновые насаждения с еловым подростом.

При этом замечается еще одна деталь: по исчезновении ледника ель с Урала надвигалась на территорию наличного подмосковного лесного массива по правобережью р. Яузы, то есть со стороны Мытищинского лесничества, и затем уже расселилась и в Лосином Острове. Эта хронология подтверждается тем фактом, что в Лосином Острове имеется сравнительно очень мало спутников ели из травянистых растений, между тем как они (заячья мыслица, обе грушанки и др.) распространены в массовом количестве в Мытищинском лесничестве.

Такие же формы подмеси может иметь и вымирающее древесное растение на определенном ареале; но в последнем случае характерным является полное отсутствие или скудость подроста этой породы на периферии ареала ее.

При естественном образовании насаждений на вырубках, пожарищах, запущенных пашнях и т. п. преобладание той или иной породы зависит от случайных причин (наличность семян данной породы, определенное направ-

ление ветра и т. п.), но главным образом оно определяется почвенно-грунтовыми условиями, в частности степенью влажности почвы.

Эта основная зависимость наглядно выступает в той связи, какая существует между рельефом местности и составом насаждения: едва уловимое понижение или повышение места, самое незначительное увеличение или уменьшение почвенной влаги—и изменяется картина состава насаждения, получается иная физиономия леса.

Почвенно-грунтовые водные условия—существеннейший фактор в жизни леса; в них основа всех мероприятий в лесном хозяйстве.

Состав образовавшегося смешанного насаждения не остается неизменным, а характеризуется своим непостоянством, вследствие неравенства различных пород в отношении способности отстаивать свои права на существование.

При неустанном состязании между деревьями в сообществе даже незначительные биологические особенности или ничтожные случайности, благоприятные для одной породы, дают ей перевес над другими.

Из важных факторов здесь надо отметить:

- 1) различие роста деревьев в высоту,
- 2) неодинаковая их долговечность (дуб и осина или сосна и береза),
- 3) изменчивость погоды и колебания уровня грунтовых вод и
- 4) случайные внешние влияния (повреждения или занос семян).

В результате этого непостоянства среды и различия природы растений в образовавшемся насаждении продолжается борьба за существование между деревьями в сообществе. Ход и характер ее отражаются постепенным изменением состава сообщества. Отсюда—неустойчивость форм сочетаний деревьев в течение жизни насаждения. Береза с сосной переходят в сосняк (особенно в лесостепной полосе). Береза или осина с елью переходят в ельник. Бук с дубом—в дубняк.

Пример—пробы «В» и «Ж» 3-го квартала за полувековье (1862—1912):

#### СОСНЯК

	Проба «Ж» 3-го квартала			
	1862 г.		1912 г.	
	Сосна	Береза	Сосна	Береза
Число деревьев . . . . .	(шт.)		(шт.)	
	582	366	398	189
	948		587	
Убыль (%) . . . . .	—	—	31	48
Площадь грудного основания (%) . . . . .	78	22	82	18
По массе (%) . . . . .	80	20	90	10

#### БЕРЕЗНЯК

	Проба «В» 3-го квартала			
	1862 г.		1912 г.	
	Береза	Сосна	Береза	Сосна
Число деревьев . . . . .	(шт.)		(шт.)	
	798	138	494	77
	936		571	
Убыль (%) . . . . .	—	—	37	44
Площадь грудного основания (м <sup>2</sup> ) . . . . .	19,7	4,4	28,9	7,8
В % . . . . .	82	18	78,7	21,3

Бьющая в глаза эволюция совершается в подросте за какие-нибудь 25 лет.

Пример—проба «Ж» 3-го квартала и проба «А» 14-го квартала.

СТАРЫЕ СОСНЯКИ

	Проба «Ж» 3-го квартала				
	Дуб	Береза	Липа	Ель	
1881 г. . . . .	120	6	—	—	
1912 » . . . . .	263	18	30	6	
	Проба «А» 14-го квартала				
	Дуб	Клен	Береза	Липа	Яблоня
1887 г. . . . .	119	1	4	—	—
1912 » . . . . .	1528	2536	120	16	8

Таким образом, через 25 лет ни одной сосенки в подросте! Сперва был подросток орешника (проба «А» 14-го квартала) с травянистым покровом, затем с 1900 г., с проведением Московско-Виндаво-Рыбинской железной дороги, буйно расселилась бузина, которая задушила орешник и сделала почвенный покров почти мертвым. Эта смена последовала ко времени плодоношения остролистного клена, который и расселился в старом сосняке.

Поэтому, в целях нахождения редкостных растений, ботанизировать надо в возможно старых насаждениях, в 150—200-летних, где за долгое время жизни леса ветер и птицы могли занести семена всех тех растений, которые могут обитать в данном районе, в том числе и редкостные экземпляры кустарников и трав. К более или менее прочному сожителству способны лишь немногие лесные породы, в ограниченном числе сочетаний.

Эта неустойчивость состава древесного сообщества требует от хозяина глубокого знания как биологических свойств древесных пород (т. е. средств, какими они располагают в борьбе), так и тех изменений в их жизненных потребностях, какие складываются в сообществе при данных условиях местопроизрастания.

Примеси, уживающиеся в насаждении более или менее продолжительное время и даже в течение всей его жизни, называются постоянными; с другой стороны, различают примеси временные, которыми пользуются в тех случаях, когда желают на некоторое время дать главной породе защиту от холода или сильного освещения (ель, дуб). Подмесь эта удаляется из насаждения по исполнении ею своего назначения (осина как временная защита ели).

В прежние время отдавалось предпочтение чистым насаждениям перед смешанными. Все способы рубки спелого насаждения и меры ухода в молодняках, а также искусственное возобновление вырубков были направлены к воспитанию этих насаждений, и вследствие этого смешанные леса в Западной Европе превращались в чистые на значительных пространствах; так, в Германии многие елово-буковые и елово-пихтовые насаждения обратились в чистые ельники.

Опыт и наблюдения показали, однако, что смешанные сообщества имеют многие преимущества перед чистыми. Преимущества эти, оцененные лишь в позднейшее время, заключаются в главных чертах в следующем:

1) Смешанные сообщества обладают большей почвозащитной способностью. Это свойство особенно ценно в насаждении с преобладанием светолюбивых пород, которые рано изреживаются; примесь к ним теневыносливых растений, например ели к сосне или липы к дубу, поддерживает почвозащитные качества насаждения.

Сохранение плодородия почвы в смешанном сообществе, наряду с лучшим отенением, достигается еще и тем, что лесная подстилка, сложенная из разнообразного материала, находится в более благоприятных условиях разложения, чем подстилка из однородного материала.

В смешанном лесу меньше осадков задерживается кронами и, следовательно, большее количество их достигает до почвы, чем в чистом хвойном. Малейшая примесь, например, березы в сосняке или сосны в ельнике всегда сопровождается повышением количества отлагающегося в насаждении за зиму снега. Так, если в чистом сосняке старшего возраста (65—90 лет) отло-

жившийся за зиму снег, положим, равен 80 мм воды, то в сосняке с примесью 0,3 березы снежный покров составляет около 110 мм воды, или 36 % больше.

#### Количество снега в насаждениях в 1908—1909 гг.

	(Снег = слою воды в мм)
Березовые (37—75 лет) . . . . .	195 (> ельника на 44%)
Дубовые (25 лет) . . . . .	211
Сосновые (25—37—60—90 лет) . . . . .	158 (> ельника на 17%)
Еловые (27—38 лет) . . . . .	135
Сосновые с примесью лиственницы (28 лет в 4-м квартале)	177 (> сосняка на 11%)
Сосновые с примесью ели от 0,2 до 0,5 в 37 лет . . . . .	142 (от 135 до 148 мм)
Ель с сосной и лиственницей (25—27 лет в 4-м квартале)	169 (> ельника на 25%)

Кислый гумус, нередко встречающийся в чистых сосняках, никогда не находили в насаждениях сосны с буком.

2) В смешанном сообществе лучше используется свет, почва и грунт. Благодаря неодинаковым требованиям разных пород в отношении жизненных условий в этом сообществе утилизируется каждая пядь земли и каждый луч солнечного света.

При этом надо иметь в виду пестроту наших почв, отражающую все капризы ледникового хаоса. Например, даже на боровом песке, пригодном лишь для сосны, встречаются котловинки с мелкоземом и свежим перегноем, на которых может успешно произрастать липа или даже дуб.

3) Только смешанные насаждения дают возможность широкого распространения таких ценных пород с прекрасной древесиной, как ясень, клен и другие, которые произрастают лишь в виде примеси.

При воспитании исключительно чистых насаждений эти породы обречены были бы на исчезновение в наших лесах.

4) Смешанный лес представляет большую экономическую выгоду: он дает разнообразный материал, который полнее может удовлетворять нужды населения и потребности промышленности.

Разнообразие пород в хозяйстве, при специализации технического применения древесины, обеспечивает постоянство лесного дохода, какие бы ни были колебания в рыночном спросе на ту или иную породу: потери на одной породе покрываются хорошей выручкой на товаре другой породы.

Лесохозяйственный опыт Западной Европы представляет в этом отношении поучительные примеры; так, быстрое и сильное падение доходности эксплуатировавшихся на дрова чистых буковых лесов, вызванное развитием каменноугольной промышленности, заставило (сперва во Франции, а затем и в Германии) вводить в буковые насаждения другие породы: дуб, сосну и т. д.

5) Смешанные сообщества имеют весьма важное преимущество перед чистыми в лесоохранительном отношении: они лучше гарантируют лесное хозяйство от неблагоприятных влияний атмосферы, пожаров, растительных паразитов и животных.

а) Поверхностно укореняющиеся породы деревьев при смешении с глубокоукореняющимися приобретают большую устойчивость против ветра (например, ель с примесью пихты, ель с лиственницей, ель с сосной, бук с примесью дуба и т. д.).

б) Смеси менее страдают от снеговала и ожеледи (например, сосна с березой и елью), так как 1) меньше задерживается на сосне снега и 2) сосна подпирается березой и потому противостоит сгибанию снежным грузом.

в) Породы с гладкой корой (бук, пихта, ель, ясень), подверженные ожогам от солнечных лучей, менее страдают от этого повреждения при воспитании их в смеси с другими породами, не страдающими от этого повреждения.

В этом случае менее часты также и морозобоины (у дуба, бука и ильмовых).

г) В смешанном лесу, по сравнению с чистым, менее опасны лесные пожары, так как огонь в нем не так быстро распространяется вследствие различной горючести разных древесных пород. В хвойном лесу пожарная опасность ослабляется при наличии в нем подмеси лиственных деревьев, куртинной или полосовой.

Поэтому в больших хвойных массивах с успехом практикуется закладка противопожарных полос из лиственных деревьев (березы).

д) Многие болезни, происходящие от растительных паразитов [например, корневая губка (*Polyporus annosus*) и др.] гораздо менее распространены в смешанных насаждениях, так как здесь (на порода, не подверженная нападению гриба, служит механической защитой для другой, которой грозит опасность заражения). Примером может служить корневая губка (*P. annosus*), живущая на корнях хвойных деревьев.

е) Большинство вредных насекомых одноядны, и смешанные насаждения менее страдают от них, потому что насекомые настолько плохо знают дендрологию, что неспособны различать породы по коре и, поднявшись по стволу до кроны, в случае неподходящей пищи должны спускаться вниз по стволу и переходить на соседнее дерево, быть может, с такой же неудачей. Переходя с одного дерева на другое, они встречают препятствия, ослабевают от голодания, недоразвиваются и подвергаются заболеваниям.

На длинном переходном пути они уничтожаются своими врагами (птицами и другими животными), которые, кстати, чаще обитают в лиственных, чем в хвойных насаждениях, и в случае даже гибели одной или двух пород в смеси все-таки останутся в целости остальные породы, под защитным пологом которых появится лес, и лесной хозяин не будет принужден производить сплошную рубку поврежденного леса.

В истории лесоводства много примеров повальной гибели от насекомых на пространстве многих тысяч гектаров лесов чистых, а не смешанных; так, в 1853—1862 г. в Восточной Пруссии и юго-западной части России гусеница бабочки монашенки (*Ospesia monacha*) уничтожила ельники на пространстве 7000 кв. миль, причем пришлось вырубить поврежденного леса свыше 11 млн. м<sup>3</sup>.

В 1909 г. та же монашенка в Пруссии повредила более 3 млн. м<sup>3</sup> леса, распространившись и в юго-западных губерниях Европейской части России.

Это—страшное международное бедствие!

То же самое и сосновый шелкопряд (*Gastropacha pini*).

6) Смешанное сообщество отличается большей производительностью древесины.

В подтверждение этой мысли можно привести много опытных данных. Так, в Соединенных Штатах С. Америки доказано, что Веймутова сосна, произрастая с примесью других пород, имеет во всех возрастах большую среднюю высоту по сравнению с чистыми сообществами этой сосны.

По данным разработки леса в Силезии (в 1880 г.), средний годичный прирост древесины в 80-летнем насаждении:

в чистом сосновом . . . . .	1,8 м <sup>3</sup> с 1 га
» » еловом . . . . .	1,9 » » 1 »
» смешанном из сосны, ели и пихты . . . . .	2,3 » » 1 »

Большая производительность смешанного леса объясняется:

- 1) различием формы кроны у различных пород;
- 2) различием густоты кроны у различных пород;
- 3) различной световой потребностью;
- 4) разницей в укоренении и питании и
- 5) в использовании всех особенностей местопроизрастания на данном участке.

Эта польза смешанных сообществ наблюдается также в отношении травянистых растений. Так, известно, что смешанные посевы кормовых

трав дают большие укосы, чем посевы этих трав порознь. По опытам В. А. К а л а г е о р и й - А л а к а е в а, смешанный посев хлеба (ячменя и овса), произведенный в б. Херсонской губернии близ ст. Долинской, дал урожай более высокий, чем контрольные чистые посевы (см. журнал «Сельский хозяин», 1911 или 1912 г.).

В деле борьбы с сорными травами на полях, вероятно, могут иметь серьезное значение смешанные посевы, состоящие из различных хлебов: удачно выбранная подмесь должна оказывать угнетающее влияние на развитие сорняков.

6) Наряду с большим запасом древесины, в смешанном лесу получают лучшие качества древесины:

- а) повышается рост в высоту господствующей породы;
  - б) достигается полндревесность стволов и меньшая суковатость и
  - в) увеличиваются упругость и другие технические качества древесины.
- Предпочтение на кленку дуба, выросшего с примесью бука. Добракачественность сосны, произраставшей с примесью березы.

7) При культуре смешанного леса устраняются риск и ошибки, возможные от несоответствия одной породы данным условиям местопроизрастания. В особенности возможны ошибки от недостаточного учета колебаний грунтовых вод.

Уровень грунтовых вод, в зависимости от метеорологических условий (осадков и испарения), подвержен большим колебаниям там, где водосборный бассейн, доставляющий грунтовые воды (т. е. область питания этих вод), незначителен. Бывают годы, когда грунтовые воды стоят местами так низко, что еловые деревья, имеющие поверхностное укоренение, не в состоянии ими пользоваться. На таких местах, при закладке насаждения, подмесь сосны, как породы с глубокими корнями, для которых грунтовые воды достижимы непосредственно или же посредственно (т. е. благодаря капиллярной подаче), гарантирует существование всего насаждения.

У нас имеются печальные примеры гибели ильмовых насаждений в степных культурах в памятный по необычайной засухе 1891 г. и посыхание ельников в 1893—1898 гг. в центральной части страны. Такое же явление надо было ожидать в 1922 г. вследствие необычайного падения грунтовых вод, вызванного небывалой засухой 1920 и 1921 гг.

В 1920 г. в Петровско-Разумовском выпало осадков всего 336 мм, против многолетней средней нормы в 589 мм, или лишь 62,4%. В 1921 г. выпало их 409 мм, или меньше средней нормы на 24,1%.

По наблюдениям в буровых скважинах в Лесной даче, грунтовые воды к октябрю 1922 г. пали против многолетнего среднего уровня, причитающегося за сентябрь (см):

в скважинах № 00 . . . . .	60
» скважинах № 1, 2 и 3 . . . . .	67—70
» скважине № 6 . . . . .	103
» северной яме . . . . .	100

8) Наконец, надо отметить и эстетические выгоды от смешанного леса. Он, как яркая картина, ласкает глаз богатством своих красок во всякое время года, особенно же осенью.

Говоря о преимуществах смешанных насаждений, нельзя не заметить, что не всегда породы соединяются в сообщества к взаимному благополучию. Иногда одна из подмесей является условием для размножения грибного паразита, опасного для другой, более ценной породы: например, осина служит временным хозяином паразитного ржавчинного гриба (*Melanopsora tremulae*), безобидного для осины, настолько опасного для здоровья и жизни сосны (сосновый вертун, *Saeoma pinitorquum*), что совместное произрастание этих пород недопустимо.

Иногда одна из пород, влияя на почву, может ухудшить условия существования другой, ценной породы; так, среди молодого осинника невозможно

возражение дуба; страдание и гибель при этом дубков объясняются крайним иссушением верхних слоев почвы осиной, имеющей, как и ель, поверхностную корневую систему.

В чистых насаждениях целесообразно воспитание сообщества древесных растений:

1) когда оно диктуется почвенными условиями, например сосна—на тощем песке, черная ольха—на топких местах;

2) при специальных культурах:

а) воспитание корзиночного ивняка;

б) корьевого дубняка на дубло для кожевенного производства;

3) допустимо оно при воспитании теневыносливых пород, например ели.

В этом случае в густом древостое достигается:

очищение ствола от живых сучьев,

полнодревесность стволов,

а также затенение, чистота почвы от травянистой растительности.

Но и здесь, в интересах ветроустойчивости насаждений и доходности материальной и денежной, более целесообразны смеси из теневыносливых пород, например ель с пихтой.

Светолюбивые же породы весьма мало пригодны к воспитанию чистыми сообществами.

Для хвойно-лиственных и смешанных лиственных насаждений наиболее соответственными местами являются холмы с плодородной почвой, где как метеорологические, так и почвенно-грунтовые условия обеспечивают хорошее развитие совместно нескольких пород леса, в наиболее пестром их составе.

В долинах же большее однообразие состава леса ввиду наличия неблагоприятных метеорологических факторов для чувствительных к холоду древесных растений.

В тех лесных областях СССР, где не было Скандинавского ледника и связанного с ним опустошения, лесорастительный покров у нас весьма богат по разнообразию своего состава, например на Кавказе и на Дальнем Востоке, в частности в б. Приморской губернии, тянущейся по побережью Японского моря, где на пробной площади, заложенной в лесу на 0,25 га, насчитывается порой 12—15 древесных пород.

Главное возражение против создания смешанных насаждений—это невозможность удерживать наивыгодный тип смешения при естественном лесовозобновлении.

Но это возражение базируется на неправильном основном взгляде. Надо признать неустойчивость сочетания деревьев в сообществе. В природе нет ни в чем и нигде абсолютной константности! В ней вечная смена... безостановочное движение.

Верно второе возражение, что в смешанном лесу возобновление и уход гораздо хлопотливее и требуют большего знания, чем в хозяйстве с чистыми насаждениями, что обуславливается неизученностью пока сравнительного хода роста в высоту деревьев и свойств насаждений.



## II. ПОЛНОТА НАСАЖДЕНИЯ



насаждении существует взаимная физиологическая связь деревьев. Связь эта внешним образом выражается в сомкнутости крон деревьев, то есть более или менее близком соприкосновении боковых ветвей соседних деревьев.

Сомкнутость—существенная черта насаждения.

Изменчивость сомкнутости насаждения находится в зависимости от возраста насаждения, от световой потребности породы, от качества почвы, от действия ветра и других факторов.

1) Молодняк первоначально состоит из изолированных деревцев. Затем наступает сомкнутость крон и корней и возникает борьба за существование между деревьями, которая в течение ряда лет прогрессивно возрастает, а затем, по достижении своей кульминации, слабеет.

Эта борьба проявляется:

а) дифференцировкой деревьев в насаждении и

б) вытеснением, отмиранием угнетенных деревьев.

2) На худших почвах—древостой гуще благодаря слабым размерам деревьев.

3) Огромное влияние ветра на степень сомкнутости насаждения. По моим наблюдениям и учетам, во время ветра на боковых сучьях соседних деревьев обиваются ветки или годовалые побеги с почками, и это обивание тем значительнее, чем выше деревья и чем сильнее ветер.

8/21 апреля 1907 г. выпал большой снег; в следующие два дня дул сильный ветер, достигавший скорости 7 м/сек. По учету обитых ветром почек и веток, лежавших на снежном покрове, 12/25 апреля оказалось на 1 десятине (1,0925 га):

а) В 29-летних сосняках посадки разной густоты

	Проба «Я» 5-го квартала		
	Редкая посадка, 2160 шт.	Средней густоты, 3870 шт.	Густая посадка, 8640 шт.
Побеги . . . . .	35 640	71 280	85 320
Почки . . . . .	25 920	58 320	77 760

б) В 35—37-летних сосняках 6-го квартала

	Проба «В»	Проба «Е»	Проба «Х»
	Сильное прореживание 1906 г. (осен 1250 шт.)	Уборка лишней сухостой (осен 1890 шт.)	Девственное насаждение
Побеги . . . . .	87 300	162 540	186 300
Почки . . . . .	84 780	180 900	198 720

По существу в этом отношении значение возраста сводится к различиям механического действия ветра на кроны деревьев различной высоты.

4) Сомкнутость насаждения, разумеется, зависит также от размера рубок и разного рода повреждений.

Под полнотой насаждений разумеется та или иная степень густоты стояния деревьев. На десятине может быть густо, а может быть, и наоборот, почти пусто, и надо характеризовать то или иное состояние насаждения.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛНОТЫ НАСАЖДЕНИЯ

Несмотря на большую научную и практическую важность точного определения степени полноты леса, или плотности древесного населения, учение о полноте насаждения представляется наименее разработанным отделом лесоведения.

Даже установившееся понятие о полном насаждении является совершенно неопределенным и лишено реального основания. По руководствам Турского и других авторов, «полным насаждением» называется такое, в котором на данном пространстве помещается столько деревьев, сколько их может произвести почва, и если притом деревья не мешают друг другу (?).

Между тем борьба за жизнь между деревьями имеет место во всяком насаждении (в густом, полном и редком); разница лишь в интенсивности этой борьбы в зависимости от густоты древостоя. Тесня друг друга и борясь за жизнь, многие деревья ослабевают и затем частью умирают. В густом лесу этот процесс идет сильнее, чем при более редком древостое. От этой борьбы не избавлено ни одно дерево в насаждении. При крайней густоте древостоя плохо приходится и победителям: они тоже ослабевают и частью истощаются в борьбе за существование.

I. Степень полноты обычно определяют глазомерно сомкнутостью крон деревьев, то есть более или менее близким соприкосновением боковых ветвей соседних деревьев, точнее говоря, величиной просветов между кронами деревьев, причем, как и облачность неба, она обозначается по 10-балльной системе, принимая за 1—сомкнутость полного насаждения.

Но 1) помянутые просветы всегда имеются даже и в густом насаждении, образуясь под влиянием ветра, и величина их зависит от силы господствующего ветра и от высоты насаждения, слагаясь по законам колебаний маятника.

2) Трудно определять глазомерно величину этих просветов.

Правда, возможно фотографирование (снизу) древесного полога, и оно иногда производится на пробных площадях при научном исследовании, но применение этого приема крайне затруднительно: еще более трудно также определение проекций крон (аппаратом А. В. Юнцкого).

3) А самое главное—сомкнутость крон не характеризует густоты древостоя, полноты насаждения, ввиду способности ветвей деревьев развиваться за счет свободных для света пространств.

Если в полном насаждении произошла значительная убыль деревьев (от рубки и т. п.), сомкнутость полога нарушена и по величине просветов сделано суждение о полноте насаждения, причем, положим, она определена в 0,7, то по прошествии нескольких лет, вследствие разрастания деревьев в сучья, прежняя сомкнутость крон восстановится, и мы будем иметь перед собой мнимо-полное насаждение.

II. Предлагали также определять полноту по площади оснований деревьев на 1 га.

Если в полном насаждении 50 лет при известном почвенном бонитете полагается, как норма, площадь оснований стволов на высоте груди человека в  $46 \text{ м}^2$ , а в данном насаждении того же возраста, при том же бонитете почвы, эта площадь равна  $37 \text{ м}^2$ , то полнота этого насаждения принимается  $\frac{37}{46} = 0,8$ .

Но этот прием также далеко не безупречен, так как он вносит грубую погрешность. В самом деле, в насаждении, давно изреженном рубками и т. п., наличная площадь оснований стволов всегда больше той, какая причитается по математическому расчету, соответственному данной густоте древостоя. Так, если в полном насаждении площадь оснований равняется  $46 \text{ м}^2$ , то при полноте 0,5 площадь оснований должна быть  $23 \text{ м}^2$ ; в действительности же, при давно происшедшем разрежении насаждения, она бывает 28 и  $33 \text{ м}^2$  вследствие разрастания стволов со временем в толщину (так называемый световой прирост).

III. Надежнее поэтому определять (глазомерно) полноту по наличности большего или меньшего участия угнетенных деревьев в насаждении, которое выражает собой интенсивность борьбы за существование между деревьями в насаждении, а последняя зависит от густоты древостоя, или плотности древесного населения.

Надо, однако, отметить, неприменимость этого приема в случае, если в хозяйстве ведется уход за лесом, при котором все угнетенные деревья или более или менее значительная часть их удаляется.

IV. В недавнее время ботаником Я. С. Медведевым предложено определять полноту насаждения произведением из относительной высоты и площади основания стволов  $P = \frac{H}{D} \cdot G$ .

Относительная высота выражает все степени освещения, под которыми данная порода может расти, колеблясь в больших размерах, например для сосны от 25 (на свободе) до 126 (в крайней густоте); для ели от 40 (на свободе) до 130 (в крайней густоте).

Изменяется она даже в одном и том же насаждении на различных деревьях, в зависимости от условий их освещения, от 78 до 200, при грудном диаметре от 3 до 23 см.

Относительная высота подвержена также довольно широким колебаниям в зависимости от бонитета места, причем она  $\left(\frac{H}{D}\right)$  тем больше, чем хуже бонитет, а равно также и от возраста насаждения:

а) пока молодые деревца растут свободно, относительная высота их незначительна;

б) по мере смыкания молодняка она увеличивается;

в) в период наибольшего роста в высоту, когда борьба за свет достигает максимальной напряженности, тогда наивысший подъем относительной высоты; это бывает в 20—30-летнем возрасте, и

г) по мере же последующего самоизреживания, когда деревья начинают энергично разветвляться (тогда относительная высота понижается).

И это падение  $\frac{H}{D}$  продолжается с возрастом насаждения, с дальнейшим его самоизреживанием.

Ввиду такой изменчивости относительной высоты в зависимости от возраста пользоваться ею одной для определения полноты представляется весьма затруднительным.

Площадь же оснований стволов с возрастом насаждения постепенно увеличивается, то есть находится в обратном отношении к относительной высоте, притом, по мнению Медведева, довольно близком к пропорциональному.

Поэтому им и предложено определять полноту произведением  $\frac{H}{D} \cdot G$ . Это произведение для всех возрастов довольно близко к постоянной величине и, при данном почвенном бонитете, изменяется лишь с полнотой насаждения. Так, если в полном насаждении оно равно  $46 \text{ м}^2 \times 120 = 5520$ , то, по удалении  $\frac{1}{2}$  массы деревьев, то есть при полноте 0,5, оно составит  $23 \times 120 = 2760$ . С течением времени площадь оснований увеличится, а относительная высота

падет, и через 20 лет будет, например, такое соотношение:  $27,6 \cdot 100 = 2760$ , то есть полнота останется по-прежнему 0,5.

Я. С. Медведев предлагает относить это произведение, ввиду многозначности цифры, не на 1 десятину (или 10 925 м<sup>2</sup>), а к 1 кв. сажени (4,5 м<sup>2</sup>) площади земли под насаждением.

Для различных бонитетов почвы произведения  $\frac{H}{D} \cdot G$  будут различные.

Так, для полных сосняков б. Петроградской губернии они составляют в различных возрастах в среднем на 1 кв. сажени:

I класса	.....	17,0	(колебания от 16,3 до 17,3)
II »	.....	16,0	» » 15,4 » 16,4
III »	.....	14,8	» » 14,3 » 15,0
IV »	.....	12,8	» » 12,5 » 13,2
V »	.....	11,2	» » 10,9 » 11,3

Важно было бы исследовать, насколько, в самом деле, близко к обратно пропорциональному приходится отношение площади оснований стволов и относительной высоты в течение последующей жизни насаждения, после его изреживания.

По-видимому, здесь потребуются внести коэффициенты поправок, которые могут оказаться необходимыми, например, ввиду большого влияния ветра на рост в высоту деревьев, на форму древесного ствола и на самоизреживание насаждения (чем больше ветер, тем меньше  $H/D$ ), а равно и ввиду влияния также температуры среды на относительную высоту и другие таксационные элементы (чем больше температура, тем меньше  $H/D$ ).

Во всяком случае, прием Медведева заслуживает внимания.

Степень полноты насаждения, как уже сказано, выражается в десятых долях—0,5, 0,6, принимаемая за 1—полное насаждение.

При определении полноты мы, строго говоря, сравниваем данное насаждение с другим, полным насаждением, одинакового с ним возраста и одинакового почвенного бонитета. Следовательно, при определении степени полноты нам прежде всего необходима для сравнения определенная единица меры, нужен, как аршин, точный стандарт, масштаб для сравнения.

При наличии такого стандарта задача определения полноты проста, так как полноту можно рассматривать, как отношение запаса данного насаждения к запасу полного насаждения, или

$$n = \frac{ghf}{GHF} \quad \left( \begin{array}{l} \text{данное} \\ \text{полное} \end{array} \right),$$

то есть для рассматриваемого насаждения необходимо знать 3 таксационных элемента— $g$ ,  $h$  и  $f$ . Очевидно, по одному фактору  $g$  ( $n = \frac{g}{G}$ ) определение полноты будет очень грубое. Вводя же, кроме того, еще и элемент  $h$ , как предлагает Медведев, мы определяем полноту насаждения гораздо точнее.

К сожалению, в современном лесоводстве пока еще не выработано точной единицы меры для полноты, еще не установлено понятие полного насаждения, как масштаба для сравнения. При отсутствии же такого масштаба невозможно точное определение полноты леса.

Вот перед нами, на однородной супеси, серия сосняков 20-летнего возраста, различной густоты, положим полсотни, начиная с густоты от 800 и до 36 000 экземпляров на 1 га. В первом случае растет трава до колен и белые цветы поповника, в последнем—мертвый покров.

Какое из этих насаждений считать за полное?

Существенным признаком полного насаждения должна являться высшая производительность древесины с гектара в год. По этому признаку мы и найдем в данной серии полное насаждение.

При чрезмерной густоте (больше 1) деревья настолько сильно теснятся, что у них задерживается рост не только в толщину, но и в высоту, а также понижается и общий прирост древесины в насаждении.

Изучение нормальной густоты древостоя в различных возрастах и при разных бонитетах почвы и должно составлять первостепенную задачу учения о полноте насаждения. При разрешении задачи, то есть при наличии стандарта, или масштаба для сравнения, уже второе место занимает методика определения полноты насаждения.

В лесохозяйственной практике необходимо иметь в виду, что полнота данного насаждения не постоянная величина, она подлежит изменению, и что с возрастом насаждения, с увеличением размеров деревьев, полнота насаждения повышается, поднимаясь, скажем, с 0,3 до 0,5, с 0,6 до 0,7, затем до 0,8 и т. д.

Так что даже и очень редкий молодняк (полнотой 0,2 с 800—900 деревьев на 1 га,—т. е. совсем невзрачный!), с течением времени полнея, постепенно будет все более и более приближаться к полному насаждению.

Это свойство всякого насаждения полнеть, в особенности характерное для первой половины его жизни, должно побуждать лесоведа как при организации лесного хозяйства, так и при разных лесооценочных работах обращать должное внимание на молодняки, как бы ни казались они с первого взгляда, по виду и своему редколесью, малозначущими, невзрачными...

Вообще вопрос о полноте леса имеет весьма серьезное значение для лесного хозяйства.

Полнота есть существенный фактор, необходимый для количественного учета леса, а также для суждения об его качестве и производительности лесной почвы, о значении процента лесистости местности и т. п.

Вопрос этот имеет не только специальный интерес, но представляет общественное и народнохозяйственное значение при рассмотрении политико-экономических и лесо-экономических проблем.

Когда мы говорим, что данный участок леса в 20 га имеет полноту 0,6, то мы даем ему суровый приговор, это значит, что в нем 8 га земли цуствует!

Если в одной стране лесистость 25%, при полноте лесов 1, а в другой 40%, при средней полноте 0,5 ( $40 \times 0,5 = 20$ ), то, зная полноту, мы правильно заявляем, что первая страна богаче лесом; без этого же знания вывод по проценту лесистости был бы ошибочный.

Это важное обстоятельство, к сожалению, обычно игнорируется даже и в серьезных политико-экономических трактатах, не говоря уже о журнальных статьях.

У нас много лесных пространств, но мало лесов (в смысле полных насаждений). Так, перед войной, по данным 1913 г., площадь лесов в ведении казенного лесного управления равнялась 387 326 650 га, в том числе удобной лесной почвы—173 347 500 га. При крайней изреженности наших лесов, средняя полнота их, вероятно, около 0,5, в казенном владении непроизводительно пустовало лесной земли до 87 млн. га!

С обращением ныне в государственную собственность всех бывших частновладельческих, общественных и других лесов,—лесов еще более изреженных, чем казенные, полнота всех наличных лесов стала еще меньше 0,5.

Помимо этого колоссального убытка, изреженность лесов влечет и другие неисчислимыя потери:

1) В ухудшении технических качеств лесного материала (лес низкорослый, суковатый, сбежистый, широкослонный, а хвойный, кроме того, легко подвергающийся гнили).

2) В понижении выхода строево-поделочных сортиментов вследствие низкорослости и суковатости стволов и низкой насаженности крон и малом выходе пиленого товара, при обилии горбыля—вследствие сбежистости древесных стволов.

3) В ухудшении условий естественного лесовозобновления, по причине одичания и задернения лесной почвы.

Затем вопрос о полноте леса имеет столь же существенно важное значение и при разрешении разнообразных лесоводственных задач, так как от той или иной степени полноты зависит изменчивость многих физических явлений, с ней тесно связанных в общем вопросе о влиянии леса на среду, а именно: та или иная интенсивность освещения лесной почвы, степень задержания лучеиспускания, атмосферных осадков и движения воздуха, а равно задержания испарения влаги почвы, затем амплитуда колебаний температуры воздуха и почвы, а также относительной влажности воздуха леса.

Далее, степень влажности верхних слоев почвы, изменчивость отложения мертвой подстилки и образования гумуса.

Наконец, колебания грунтовых вод и всего водного режима.

Как бы ни казалось с первого взгляда однородным насаждение, занимающее более или менее значительную площадь (6—10 га), в действительности, даже и на ровном месте, степень его полноты варьирует по территории участка, и эта пространственная изменчивость полноты тем значительнее, чем старше насаждение, которое с возрастом аккумулирует различные повреждения. В насаждении старшего возраста различного рода повреждения (бури, ожеледь, снег, насекомые и грибы) от времени до времени частично вызывают нарушение сомкнутости полога, создавая более или менее значительные прогалины или редины, на которых не хватает по 6—7 деревьев на каждом месте.

Безошибочным показателем изменчивости полноты одноярусного насаждения служит изменчивость распределения живого почвенного покрова в нем, его густоты и видового состава.

Поэтому, для точного определения средней полноты более или менее значительного насаждения, надо пройти его вдоль и поперек, чтобы выбрать характерное среднее место.

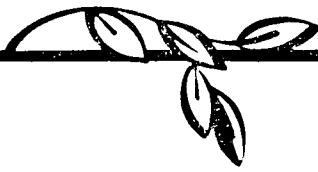
В заключение не лишне заметить, что при характеристике насаждения очень полезным элементом является отношение длины живой кроны ко всей высоте дерева  $\frac{h_{ж}}{H}$ . Это отношение характеризует полноту насаждения: в более полных—крона высоконасаженная и меньше; чем реже насаждение, тем  $\frac{h_{ж}}{H}$  становится больше.

Поэтому отношение это может служить ценной приделжкой при глазочерной оценке полноты насаждения, в особенности для пород теневыносливых, у которых  $\frac{h_{ж}}{H}$  в зависимости от густоты древостоя колеблется в очень широких пределах—почти от 0,9 и до 0,3. Так, в ельниках:

Состояние насаждения	$\frac{h_{ж}}{H} \times 100$ (в %)	Коэффициент формы ствола $q = \frac{d_{0,5}^2}{D_{гр}}$	Состояние насаждения	$\frac{h_{ж}}{H} \times 100$ (в %)	Коэффициент формы ствола $q = \frac{d_{0,5}^2}{D_{гр}}$
1) В редком	65	0,54	3) В б. полном	46	0,70
	62	0,56		43	0,72
2) В среднем	52	0,66	4) В густом	41	0,74
	50	0,66		39	0,76
	48	0,68		37	0,78
				35	0,80
		34	0,82		

Но в отношении хвойного леса надо заметить, что в случае ведения в нем прореживаний или случайной порубки величина  $\frac{h_{ж}}{H}$  настолько слабо изменяется, что не отражает на себе влияния этих рубок. В этом случае она является отпечатком лишь былого, более сомкнутого состояния хвойного насаждения.

<sup>1</sup>  $d_{0,5}$ —диаметр на половине высоты ствола,  $D_{гр}$ —диаметр на высоте груди.



### III. ДОБРОТНОСТЬ НАСАЖДЕНИЯ



то степень технического его достоинства. По добротности насаждения можно судить, насколько одно насаждение лучше или хуже другого, при одинаковых природных условиях.

Добротность определяется двоякого рода условиями:

I) успешным ростом в высоту насаждения, то есть:

- а) очищением от сучьев,
- б) прямоствольностью,
- в) полнодревесностью,

{ а все это зависит от степени полноты насаждения (т. е. густоты древостоя),

II) техническими качествами древесины:

- а) мелкослойностью ее,
- б) равномерностью отложения годичных слоев (иначе—отлупы),
- в) здоровым состоянием древесины.

О технических качествах древесины судят по удельному весу ее в воздушно-сухом состоянии.

Удельный вес воздушно-сухой древесины данной породы подвержен значительным колебаниям в зависимости от ширины годичных слоев. Для хвойных пород эта зависимость выражается общим правилом: чем мелкослойнее древесина, тем она тяжелее. От удельного же веса в прямой зависимости находятся сопротивление на излом, на сжатие и другие технические качества.

Так, по исследованиям Янка, у ели зависимость удельного веса и сопротивление продольному сжатию от ширины годичного слоя выражаются следующими данными:

Средняя ширина годичного слоя (мм)	Удельный вес древесины абсолютно сухой	Сопротивление продольному сжатию воздушно-сухой ели (кг на 1 см <sup>2</sup> )
0,8	0,420	405
1,0	0,416	400
2,0	0,396	374
3,0	0,378	348
4,0	0,365	322
5,0	0,357	306

Причина этого соотношения заключается в строении древесины: летняя древесина сравнительно с весенней гораздо тверже, плотнее и тяжелее, и от количества именно этой древесины зависят все механические свойства дерева.

У хвойных пород зона летней древесины более или менее постоянна; с шириной же годичного слоя изменяется преимущественно величина весенней зоны.

Относительное количество летней зоны у ели, в зависимости от ширины годичного слоя, колеблется от 5 до 35% (в сучьях достигает даже до 75%).

Поэтому, при одинаковой ширине годичного слоя, с уменьшением количества летней древесины снижается и вес дерева; так, у ели, имеющей летней зоны всего 5%, удельный вес сухой древесины лишь 0,28, имеющей летней зоны всего 35% (т. е. с сильно развитой летней зоной) удельный вес сухой древесины 0,55.

Итак, у хвойных пород тем лучше техническое качество дерева, чем мелкослойнее древесина и чем равномернее ширина годичных слоев.

Такую древесину можно получать при воспитании полных насаждений; в них является и более значительный рост в высоту деревьев.

У пород же с крупными сосудами (дуб, ясень, ильм и пр.), воспитанных в густом древостое, древесина получается пористая, непрочная.

Так, грецкий орех, выросший на просторе, особняком, имеет настолько высокие технические качества (упругость и пр.), что он доставляет на Кавказе лучший материал для постройки пропеллеров аэропланов, а произрастающий в насаждении грецкий орех совершенно непригоден для этой цели.

Равным образом, для изготовления гнутых изделий (колесных ободьев, санных полозьев и т. д.) дуб требуется широкослойный, так как он обладает большей упругостью и гибкостью по сравнению с дубом мелкослойным.

Следовательно, хороший рост в толщину не всегда соответствует высокой добротности насаждения. Что же касается роста в высоту насаждения, то, во всяком случае, чем он лучше, тем:

- 1) больше запас стволовой древесины и
- 2) больше выход из него строево-поделочного материала, — тем добротнее насаждение, при прочих равных условиях, — возраста, полноты и пр.

Поэтому при одинаковых природных условиях, то есть при одинаковой среде, добротность насаждения характеризуется ростом его в высоту.

Если же сравниваемые насаждения выросли в различной среде, то добротность их не может быть определяема по высоте. Так, сосняк кондовый, то есть с мелкослойной смолистой и крепкой древесиной, с узкой оболонью и резкоокрашенным ядром, выращенный на возвышенном, хорошо дренированном супесчаном холме, при достижении пиловочных размеров, имеет (в б. Пермской губернии) среднюю высоту 28 м.

Таковую же высоту имеет и сосняк мяндачный, то есть с широкослойной рыхлой древесиной, с широкой оболонью и бледноокрашенным ядром, выросший на суглинке, причем он дает строевой материал среднего качества и непрочный.

Очевидно, добротности этих сосняков, как выросших в различных условиях местообитания, хотя и имеющих одинаковую среднюю высоту, являются различными.

Добротность насаждения есть результат естественноисторических условий данной среды, а равно хозяйственных и случайных влияний (повреждений) в течение жизни насаждения.

Масштаб добротности есть высота насаждения здорового и полного, при том полного в течение всей его жизни, и добротность такого насаждения, при определенной среде, принимается за 1.

Классификация добротности условная, с обозначением ее в десятых долях: 1; 0,9; 0,8 и т. д.

Для характеристики насаждения недостаточно лишь одной наличной полноты его, как то видно из следующих примеров.



Имеются два сосновых насаждения одинаковой полноты, скажем 1, но добротность их может быть весьма различна, так как одно насаждение в течение всей своей жизни имело полноту 1, а другое только недавно, лишь вчера, стало полным; в молодости же было редким, имея полноту всего 0,3; причем эта полнота с годами возрастала,—была 0,4, затем 0,5 и т. д. и, наконец, теперь стала 1. Следовательно, этот лес широкослойный, суковатый, с толстыми сучьями, негодный на пиленный товар.

Или вот два ельника, произрастающих рядом на одной и той же почве и имевших в течение всей своей жизни одинаковую полноту, положим 1, но один из них всю свою жизнь рос открыто, свободно, пользуясь дневным светом, а другой—в течение долгого ряда лет жил под пологом березы или осины—няньки и лишь в конце концов, в силу большей теневыносливости, большей продолжительности роста в высоту и большей долговечности ели, одолел и выкурил няньку, то есть верхний, угнетавший его ярус, но с несомненным для себя ущербом в отношении добротности; если первый ельник имеет добротность 1, то второму надо присвоить добротность 0,8 или 0,7, как на то указывает и более низкая средняя его высота.

Третий пример. Два насаждения одинаковой полноты (скажем, 0,8); из них одно—здоровое, а другое распатано ветром или повреждено огнем, сбором подстилки, пастьбой или *Polyporus*'ом и т. п. Несомненно, добротность этих насаждений различна.

Или еще пример: при прочих равных условиях, одно дубовое насаждение—семенное, а другое—порослевое; последнее, по своей добротности, будет лучше или хуже первого, смотря по техническому назначению древесной породы, образующей насаждения; но, во всяком случае, добротность этих дубяков различная. Если дубяк требуется на выделку гнутых изделий, то порослевой дубяк ценнее, добротнее, чем семенной.

Приведенные примеры достаточно иллюстрируют значение добротности насаждения, независимо от его полноты.



## IV. ВОЗРАСТ НАСАЖДЕНИЯ



ак как деревья суть многолетние растения, то, понятно, при характеристике жизни древесных сообществ существенным элементом служит время, возраст.

В обыденной жизни по градации возраста различают следующие пять категорий насаждений:

1) молодняк,  
2) жердняк (когда стволы выформировались, очистившись

от сучьев),

3) средневозрастное,

4) приспевающее и

5) спелое насаждение.

В лесоводственной практике при установлении возрастного состава леса, или лесной дачи, приняты классы возраста:

в 20 лет—для высокоствольных и

в 10 лет—для низкоствольных (или даже 5 лет при спелости 20 лет).

Обозначают также возраст деревьев и точным числом лет.

Кроме того, по степени возрастной однородности разделяют еще насаждения на три разряда:

а) абсолютно одновозрастные,

б) одновозрастные—при колебании возрастов отдельных деревьев общества в пределах класса возраста, а при больших колебаниях

в) разновозрастные.

Абсолютно одновозрастные сообщества встречаются редко:

1) искусственные насаждения (если дело обошлось без дополнения культуры),

2) иногда на запущенных пашнях и гарях, когда возобновление последовало сразу после обильного урожайного года, и

3) порослевые насаждения—это бывает чаще всего.

Семенные (т. е. высокоствольные) насаждения представляют более или менее значительную разницу в возрасте деревьев, образующих общество.

Степень этой разновозрастности зависит от условий, в каких протекал процесс возобновления данного насаждения.

Разница в возрасте отдельных деревьев равна периоду возобновления насаждения.

Так, если возобновление сосняка последовало в 4—5 лет, то в насаждении деревья различаются в возрасте не более как на 4—5 лет.

Следовательно, степень наличной разновозрастности насаждения есть оставшийся от прошлого живой след хода возобновления насаждения. Если перед нами насаждение старое (80 и 100 лет и более), то этот след прошлого несколько стерт временем от последовавшей в борьбе за существование убыли деревьев, так как в борьбе погибают преимущественно более молодые особи. Иллюстрируем это резким примером.

В Бузулукском бору б. Самарской губернии в спелом сосновом участке осенью 1912—1913 гг. В. Д. О г и е в с к и м было срублено подряд 375 сосен, с определением возраста каждого дерева по счету годичных слоев на пнемом срезе и с прибавкой 5 лет на пень, причем средний возраст сосняка определен в 85 лет; колебание же возрастов отдельных деревьев составляло от 50 до 136 лет. Таким образом, период возобновления на данном местоположении составлял 93 года, то есть по своей продолжительности он превышал самый возраст образовавшегося сосняка.

Причины такой медленности возобновления составляют:

- 1) сухость климата юго-восточной России,
- 2) палящий летний зной, губящий всходы,
- 3) скудость и сухость борового песка,
- 4) редкая повторяемость урожая семян у местной сосны (через 12—13 лет).

В девственном лесу возобновление протекает медленно, постепенно: по мере отмирания и разрушения отдельных, отживших свой век деревьев, на образующихся просветах в прогалинах появляется группа подрост, который заселяется даже и на трупах упавших деревьев. Эта смена поколений здесь идет из года в год, чередой непрерывной...

В результате является в девственном лесу крайняя степень разновозрастности деревьев—от однолетка и до самого старого, и притом распределены деревья разных возрастов без всякого порядка.

Лишь кое-где видны ряды деревьев, на протяжении 25—30 м словно посаженных; это—поселенцы на трупах бывших стариков.

При вмешательстве человека в естественную жизнь леса, колебания в возрасте и распределение разновозрастных деревьев по площади участка обуславливаются формой этого вмешательства.

Насаждение есть точный отпечаток былого, живая, саморегистрирующая запись пережитого им прошлого.

Неудовлетворительна бывает запись в хозяйственных книгах, плоха память старожиллов, насаждение же своеобразными иероглифами точно записывает свою автобиографию. Человеку надо лишь расшифровать эти записи. Вот группа из трех насаждений, рассказывающая свою историю: так, на месте ельника, около 35 лет тому назад, рубился ельник или насаждение с значительной примесью ели, формой, напоминающей треугольник, на площади 3 га, быстро покрывшейся елью. К востоку от него ровно 63 года тому назад, то есть осенью и зимой 1860 г., была рубка березняка, в форме квадрата, на площади 7 га, а к югу от обоих участков, около 90—95 лет тому назад, после буревала или пожара на площади 20 га была вслед затем рубка, возобновившаяся сосной чрезвычайно медленно (в течение более 20 лет). Если причиной гибели леса был пожар, то в почве легко найти угольки.

1) При рубке выборочной, при которой ограничиваются вырубкой лишь отдельных экземпляров или групп спелых деревьев, насаждение в общем сохраняет форму девственного леса, хотя представляется уже некоторая правильность в чередовании и территориальном распределении различных возрастов деревьев, соответствующая повторяемости выборки и характеру ее (рубка группами или котловинками).

Так, при рубке площадками, котловинками, насаждение имеет вид чередующихся друг за другом разновозрастных групп деревьев.

2) При рубке постепенной, когда все спелое насаждение срубается в течение периода в 20—30 лет, возникает новое насаждение, в котором раз-

ница в возрасте отдельных деревьев равна периоду рубки, причем налицо имеются все возрасты в пределах этого периода.

3) При рубке сплошной, когда сразу срубается весь спелый участок леса, семенное насаждение получается более или менее одновозрастное, если возобновление лесосеки последовало быстро, и с течением времени разница в возрастах деревьев сглаживается.

Если же семенное возобновление длится ряд лет (25—30), например у сосны на сухих песках или на суглинках с сильно задернелой почвой, то получается насаждение разновозрастное, и это различие возрастное остается уже неизгладимым отпечатком в течение всей последующей жизни насаждения.

Медленность процесса лесовозобновления, кроме того, выражается:

а) Ступенчатостью возрастов деревьев, зависящей от периодичности урожаяв семян.

б) Своеобразной формой многих деревьев, ранее других поселившихся на вырубке, или «первоселов», напоминающих своим видом изолированно растущее дерево, а именно:

Урожай семян сосны были	Осенью 1924 г. возраст деревьев в образовав- шихся насаждениях составляет	Через 50 лет т. е. осенью 1974 г., возраст будет
Весной 1885 г.	40 лет	90 лет
» 1892 »	33 года	83 года
» 1899 »	26 лет	76 лет
» 1906 »	19 »	69 »
» 1913 »	12 »	62 года
т. е. период урожаяв 7-летний;	т. е. с 12 до 40 лет, это за 28-летний период обсеменения лесосек;	т. е. от 62 до 90 лет, а в случае гибели наиболее молодых сосен, колеба- ния возраста составляют от 69 до 90 лет, т. е. в пределах 21-летнего периода;

- 1) они отличаются низкорослостью,
- 2) низконасаженной и широкой кроной,
- 3) остатком толстых сучьев в нижней части ствола,
- 4) широкими годичными кольцами в центральной части ствола и
- 5) сбегистостью ствола, разветвляющегося в сучья в верхней половине кроны.

Наличность «первоселов» есть особенность, свойственная каждому насаждению, возобновлявшемуся медленным путем, и неизгладимо сохраняющаяся в нем в продолжение всей его жизни. Эти деревья хороши, как семенники, для последующего возобновления.

в) Третья характерная черта такого насаждения—подмесь в нем пород второстепенных (осины, березы и др.); за долгий период возобновления господствующей породы на данной площади они, благодаря своей частой повторяемости семенных годов, заселяются на площади куртинами, группами и одиночно.

Такого рода сосняки примерно 100-летнего возраста имеются и в Академической даче. Они свидетельствуют, что и 100 лет тому назад естественное возобновление сосны здесь было так же медленно, как и в настоящее время, требуя 20—25-летнего периода.

Разновозрастное насаждение в количественном и качественном отношении менее ценно, сравнительно с одновозрастным, так как оно:

- 1) обладает меньшей продуктивностью древесины,
- 2) пониженным выходом строево-поделочного леса,
- 3) худшими техническими качествами товара.

Поэтому идеалом лесного хозяйства является воспитание, по возможности, одновозрастных насаждений.

Резкая разновозрастность насаждения при сплошной рубке образуется тогда, когда оставляются на корне деревья на перестой или же как семенники. При этом разница в возрасте деревьев простирается до 70—100 лет.

Более или менее значительная разновозрастность насаждения складывается также и тогда, когда при сплошной рубке оставляется на корне подрост главной породы.

Деревья, развившиеся из подроста, отличаются от остальных, позднее заселившихся на лесосеке собратьев своим более старым возрастом.

Деревья, образовавшиеся из подроста, отличаются в насаждении, кроме возраста, еще и узкими годичными кольцами в центральной части ствола, отложившимися за все это время, когда деревца жили подростом под пологом бывшего спелого насаждения.

Эта особенность резко отличает их от первоселов, имеющих всегда в центральной части ствола широкослойную древесину.

Одновозрастное насаждение может переходить в разновозрастное вследствие частичной рубки лиственных деревьев, дающих поросль, или вследствие частичного повреждения его ветром или огнем с образованием налета на поврежденных местах.

Знание возраста насаждения безусловно необходимо, так как возраст—фактор, имеющий существеннейшее значение при решении лесохозяйственных вопросов.

Определение возраста насаждения требует установления возраста дерева, а он находится:

- а) счетом слоев на пневом срезе или же на выемке буровом Пресслера;
- б) счетом побегов на стволе (у хвойных по мутовкам);
- в) по документам или преданию о времени посадки или вырубке для порослевого леса;
- г) по нерватуре листьев;
- д) по глазомерной оценке.

При счете слоев необходима прибавка на пень или продольная расколка пня [косой срез при узких кольцах; спиртовой раствор анилина (береза, осина, бук) и полученная синтетически (г. е. искусственно) мочевиная для осины]. Следует помнить также при счете слоев, что в дереве могут быть ложные прослойки (на угнетенных деревьях), происходящие а) от утренников, б) временной засухи и в) от обезлиствения деревьев, вследствие объедания листьев (или хвои) гусеницами вредных насекомых, как-то: монашенка (на ели), лиственничный пилильщик (*Nematus Erichsonii* Hart.), сосновая пяденица, сосновая совка, сосновый шелкопряд, непарный шелкопряд (на хвойных и лиственных породах), дубовая листовертка и др.

Недостаток слоев в комле угнетенных деревьев, для чего необходим счет слоев по нескольким радиусам.

При эксцентричности ствола нельзя с помощью бурава Пресслера вырезать цилиндр по направлению радиуса.

Остановимся на определении возраста по нерватуре листьев. Неизбежная трагедия жизни—наступление старческого упадка, одряхление организма, после сравнительно короткого периода активной деятельности.

Все растения имеют признаки старческого упадка, как:

- 1) непрерывное падение процента текущего прироста древесины в дереве, начиная с однолетка, когда этот процент достигает 400—500 в год, и кончая ничтожными долями процента (0,2—0,1) в 250—200-летнем возрасте;
- 2) падение прироста в высоту и толщину дерева;
- 3) сокращение плодоношения под старость;
- 4) заболванение и дупловатость ствола и т. д.

По недавним исследованиям (1915 г.) американского ученого Х. М. Бенедикта—Harris M. Benedict, «Senile change in leaves of *Vitis vulpina* L. and certain other plants». Ithaca. New-York, 1915 (Cornelle university, Agricultural experiment station of the College of Agriculture. Memoir № 7,

June 1915)—один из признаков старчества растений лежит в нерватуре листьев, а именно в уменьшении площади петель в листовой пластинке.

Х. Бенедикт исследовал сперва площадь петель на листьях винограда; при этом оказалось:

- 1) площадь петель одинакова в различных частях листовой пластинки;
- 2) размеры листа не определяют собой величины петель;
- 3) толщина листа также не оказывает на нее влияния;
- 4) сильное освещение увеличивает площадь петель (на 6% у винограда);
- 5) для данного сорта винограда площадь петли довольно постоянна;
- 6) с увеличением же возраста растения площадь петли уменьшается (то же и на черенках, срезанных с деревьев различных возрастов);
- 7) число устьиц на листе сильно увеличивается с возрастом дерева.
- 8) величина клеток палисадной ткани уменьшается с возрастом дерева.

Затем исследована величина петель на листьях многих плодовых деревьев различного возраста, а также и на некоторых лесных деревьях. Эти исследования дали вышеупомянутые результаты, очень важные, в частности, для определения возраста порослевых насаждений, не говоря уже о значении его для судеб наших плодовых деревьев, разводимых вегетативно.

У пирамидального тополя (*Populus nigra italica*), который, как известно, в течение около семи столетий размножается вегетативно (почками, черенками и корневыми отпрысками), петли на листьях так мелки, что их совершенно почти невозможно считать.

То же и осина под Москвой, разводимая корневыми отпрысками в продолжение 2—3 веков.

Этот прием имеет очень важное значение для лесоведа, в частности, по вопросу, сколько поколений в низкоствольном хозяйстве может разводить порослевое насаждение, например березы, липы, осины и дуба, и какой возраст, считая от семени, имеет данное порослевое насаждение, а также имеем ли мы дело с порослевым или семенным лесом. Для этой цели надо по семенным экземплярам наших главных пород установить нормальные шкалы, или нормы уменьшения площади петель с увеличением возраста дерева, тогда и по одному-двум листочкам, по сравнению со шкалой, можно определить возраст наличного насаждения или его происхождение.

В обыденной жизни определяют возраст по глазомерной оценке, сообразуясь с размером дерева в высоту и толщину, с характером коры и габитусом кроны. При этом возможна ошибка в пределах 10—20 лет, а для деревьев старше 100 лет ошибка может быть и более значительна—до 30—40 лет, так как у таких старых деревьев рост в высоту и толщину сравнительно очень малый, совершенно неотличимый для глаза за три десятка лет.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗРАСТА НАСАЖДЕНИЯ

1) В абсолютно одновозрастном насаждении—достаточно срубки одного дерева для выяснения его возраста.

2) В разновозрастном—по данным ряда деревьев устанавливается средний возраст, или, иначе, средний таксационный возраст. Для этого нельзя пользоваться обычным статистическим приемом, какой применяется для определения, например, среднего возраста населения (или состава аудитории), а прибегают к особому методу, в который входит стволовая масса древесины или, по крайней мере, характерный для нее таксационный фактор—площадь основания деревьев на высоте груди.

Деревья учитываемого насаждения распределяются на классы толщины; для каждого класса определяется возраст и стволовая масса деревьев, а отсюда—средний годовой прирост каждого класса. Запас насаждения, деленный на сумму средних приростов по всем классам, дает средний возраст, то есть возраст, в котором насаждение имело бы тот же запас, если бы оно было одновозрастным.

Следовательно, формула среднего запаса насаждения  $A$  выражается:

Класс толщины деревьев	Возраст	Масса	Средний прирост	Или по данным площадям основания	
				возраст	площадь основания
1	$a_1$	$m_1$	$m_1/a_1$	$a_1$	$g_1$
2	$a_2$	$m_2$	$m_2/a_2$	$a_2$	$g_2$
3	$a_3$	$m_3$	$m_3/a_3$	$a_3$	$g_3$


$$A = \frac{M}{Z} = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{m_1/a_1 + m_2/a_2 + m_3/a_3} \text{ или по формуле } A = \frac{d_1 g_1 + d_2 g_2 + d_3 g_3}{g_1 + g_2 + g_3}.$$

Кроме среднего возраста, при научных исследованиях хода роста насаждения определяется еще господствующий возраст насаждения, т. е. средний таксационный возраст лишь тех деревьев, которые со временем образуют собой спелое насаждение (т. е. за исключением всего будущего отпада).

У деревьев, выросших из подроста, чрезвычайно узкие кольца центральной части ствола сменяются широкими. Для этих деревьев принимается часто, взамен их действительного возраста, так называемый хозяйственный возраст, для чего, взамен ряда узких колец, берется то число лет, какое было нужно деревцу, при свободном развитии, для достижения им наличных размеров в толщину и высоту. Этот возраст важен, например, для учета производительности лесной почвы.

В двухъярусных и других сложных насаждениях показывается возраст каждого яруса отдельно; никакого вычисления среднего возраста для обоих ярусов допускать нельзя.

Рассматривая лес как древесное население или сообщество, с точки зрения чисто биологической, без всякого отношения его к утилитарным целям человека, конечно, можно определять средний возраст его и общепринятым статистическим путем.



---

## V. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДРЕВЕСНОГО РАСТЕНИЯ



истории земли два мира—растительный и животный—шли различными путями, и различия между ними наглядно выступают из сравнения их в следующих чертах:

1) В развитии древесных растений, как и остальных, мы видим периферическое, или ротативное, отложение новых клеток, прироста органического вещества, тогда как в животных выражена двусторонность, или билатеризм, роста организма.

2) Оказавшись из водных надземными существами, растения сделались прикрепленными к земле и стали распространяться одинаково во всех направлениях от своей точки опоры на земле.

Расположение всех частей древесного растения (корневого аппарата, ветвей, побегов, листьев, частей цветка, семени в плодах и т. д.) сложилось круговое, или ротативное, подобно тому, как и годичный прирост органического вещества у них откладывается также круговым фасоном.

3) В растении все части по построению своему сходны между собой, каждая ветвь, каждый побег в этом отношении похож на все остальные.

У растения нет определенного числа частей или членов, и каждая часть может нести отправления или только для себя, жить индивидуальной жизнью, или же может быть полезной и для целого существа, тогда как животное, построенное двусторонне, имеет определенное количество частей, причем каждая часть дифференцирована, как орган, и несет известную функцию, и эта функция служит всему организму, а не органу только. Но недавнее открытие ленинградского проф. Н. П. Кравкова о переживании органов вне животного организма сглаживает до некоторой степени существенное коренное различие между растительным и животным миром, по крайней мере, в отношении индивидуальной жизни отдельных органов. В этом направлении замечательно открытие парабиоза (или сверхорганизмов) немецким проф. Зауербрухом.

4) Эволюция растений была ацефальная, т. е. безголовая, и растительная особь, дерево, не имеет настоящей централизации частей. Если одна часть (побег или ветвь) удаляется, особь остается без повреждения и способна воспроизвести другую, подобную же часть, тогда как животное, по удалении его части, изуродовано, и оно не обладает способностью восстановления, замещения удаленной части.

5) Отделенная от особи часть растения имеет способность продолжать жить отдельно, может воспроизвести новое самостоятельное растение, укрепленное в почве, подобно тому существу, от которого произошло это отделение.



Другими словами, древесное растение может размножаться и бесполом путем, тогда как у животного есть только один путь размножения, это соединение полов.

Образовавшиеся за вегетационный период новые побеги на дереве можно рассматривать как особое поколение существ, образовавшееся из почек бесполом путем.

Следовательно, дерево есть целая последовательная серия бесполок поколений, образовавшихся в воздухе в течение долгого ряда лет, пока дерево не достигнет семенной возмужалости, т. е. возможности зацвести и плодоносить. У многих древесных пород это соматическое состояние длится много десятилетий, так как несколько десятков образовавшихся последовательно бесполок поколений остаются соединенными вместе в одно целое.

6) Сидящая в пазухе листового черешка почка с соприкасающейся к ней тканью имеет способность продолжать жить отдельно, в виде нового самостоятельного растения. Эту часть растения, которая может размножаться бесполом путем, стали рассматривать как неделимую, биологическую единицу, и Г о д и ш предложил для нее название фитона.

Пуская сосудистый пучок между корой и древесиной, каждый фитон держится на дереве подобно тому, как самое растение держится в почве.

Фитон как часть растения, которая, по отделении от целого, способна воспроизводиться и давать новое, самостоятельное растение, имеет свою индивидуальность, носящую на себе следы действия среды и наследственность.

Каждое дерево, следовательно, представляет собой колонию множества таких индивидов.

Весьма многие лиственные породы, как ильмовые, клены, липа, дуб и т. д., а также и хвойные, как ель, пихта, сосна, лиственница, туя и т. д., можно выращивать вегетативно, т. е. бесполом путем (черенками, прививкой и т. д.), хотя обыкновенно этого не делается за дешевизной семенного размножения и в целях обеспечения долговечности древесному растению.

В центральной Франции мне пришлось видеть целый участок, в котором приморская сосна была привита на обыкновенной сосне, причем возраст насаждения был около 20—25 лет.

7) Важно не столько то, что каждый такой индивид древесной колонии (фитон) может воспроизводиться, бесполово размножаться, а то, что он в большей или меньшей степени носит в себе следы действия среды и наследственность.

При разведении сортов, имеющих различия формы листовых пластинок (например, рассеченнолистность) или окраски листьев, или же особенности формы, размера и вкуса плодов и т. д., широко применяется вегетативное размножение, так как эти особенности пока передаются наследственно лишь бесполом путем.

Каждый фитон, пока находится на родительском растении, дает разветвление побегов, приносит цветы и плоды. Он производит все это также и по отделении от растения, при надлежащем уходе, например путем прививки, особенность которой заключается лишь в том, что при ней вместо почвы пользуются другим растением (подвоем).

Нельзя не отметить, кстати, замечательный и пока полный таинственности факт, связанный с прививкой. Это—ускорение плодоношения интескулирующих нас растений: если молодой (1—2 лет) экземпляр растения привить на достигшем уже семенной возмужалости подвое, то привитое растение начинает плодоносить уже через год, тогда как, оставаясь в грунте, оно достигло бы плодоношения только через 8—10 лет.

8) У древесных растений, достигших семенной возмужалости, в пазухах листовых черешков образуются почки, которые, по производимой ими работе, бывают листовыми или цветочными.

Из листовых почек образуются снабженные листьями побеги, которые остаются в соединении с организмом и являются затем его ветвями. Побеги же, образующиеся из цветочных почек, напротив, после совершения оплодотворения и плодообразования целиком отделяются от растения, оставляя лишь рубец на том месте, где находилась почка.

Все побеги данного года можно рассматривать как особое поколение, и, соответственно тому, наблюдаемая у всех цветковых растений смена в образовании листовых и цветочных почек на одном и том же древесном растении должна быть названа чередованием поколений бесполого и полового, причем половые поколения отделяются и обособляются от материнского дерева в виде семян, образуя самостоятельные растения.

При изучении дендрологии важно знать, какие древесные породы образуют самостоятельные цветочные почки; у многих пород дифференциация эта зашла так далеко, что даже мужские цветы закладываются особыми почками (у березы, ольхи, осины, других тополей, ив, орешника и др.).

9) Десяток-полтора растений, выросших из одной шишки или из одной и той же семенной коробочки (например, тополя), или стручка (например, робинии или гледичии), могут до чрезвычайности различаться между собой по степени роста, числу ветвей, листьев и цветов, и эти различия, очевидно, связаны с количеством запасной пищи, а также с занимаемым растением местом и другими физическими условиями среды, которые влияют на его произрастание.

10) Не только два семенных растения не сходны между собой, но даже две ветви, два побега с одного и того же дерева обнаруживают большие различия в отношении их размеров, числа листьев, количества цветов и плодов, в отношении формы листьев и формы цветов, а также в отношении их экологических или, точнее, фенологических свойств.

Разлитая всюду в органическом мире изменчивость индивидов имеет место, следовательно, также и в колонии индивидов, составляющих дерево, и эта изменчивость здесь определяется теми же самыми условиями, какими обуславливается она и в отношении семенных растений, прикрепленных к почве. Главнейший фактор этой изменчивости—как то подметил Д а р в и н, составляет недостаток пищи.

Тот побег или фитон, который по своему местоположению или случайным обстоятельствам получает больше пищи из почвы и воздуха, лучше растет, совершеннее сформировывается и лучше плодоносит.

Поэтому в садоводстве на прививку и черенки берутся самые верхние побеги растения, а отнюдь не из средней и нижней части кроны.

Многие ветви в нижней части кроны, несомненно, паразиты в древесной колонии, так как они берут от нее больше, чем возвращают обратно. Ввиду сказанного, между ветвями и годичными побегами, образующими дерево—колонию, должна быть борьба за существование; и эта борьба отличается от борьбы между отдельными растениями, укрепленными в почве, лишь тем, что она более сурова и интенсивна, так как сражающиеся в воздухе индивиды более тесно соприкасаются между собой.

Среди них есть более слабые и более сильные, и выживание наиболее приспособленных и обуславливает естественное очищение ствола от сучьев и самоизреживание внутри кроны. Сильный, верхинный побег, купающийся в воздухе и солнечном свете, служит продолжением ствола, тогда как многие захудалые боковые ветви засыхают и опадают.

Внутри кроны прогрессивно идет особенно интенсивное отмирание ветвей, так как листовая поверхность дерева всегда стремится к периферии кроны. В связи с борьбой за существование здесь идет естественное отделение от организма и сбрасывание на землю веток, происходящее ежегодно летом, в особенности на дубе, ильмовых, тополях, у ясеня, явора, на ивах и черемухе, причем сбрасываются ветви до 5—6-летнего возраста и отделение их совершается в месте сочленения годовых побегов.

Следствия борьбы за существование побегов в кроне дерева могут быть математически учтены, с точным подсчетом числа погибших, так как каждая почка должна дать или побег, или цветок.

Однолеток персика, высотой до 0,61 м, одет 30 листьями, и в пазухе каждого листка есть почка.

Каждая из этих почек следующей весной даст побег, снабженный в свою очередь 30 почками; следовательно, двулеток персика, имеющий высоту всего 1,8—2,4 м, должен иметь 30 побегов с 900 почками, а трехлеток—900 побегов с 27 000 почек и т. д.

Однако 20-летний персик имеет на самом деле всего только около одной тысячи ветвей!

При условии сохранения всех годовых побегов, на столетнем дубе должно быть представлено 99 поколений ветвей, но на самом деле таких поколений Визнер насчитал лишь всего 5—6. На 50-летнем чинаре, взамен должных 49 поколений, Визнером найдено было лишь 7. Десятилетний березовый сук, ежегодно производящий на каждой своей ветви лишь по два боковых побега, должен был бы обладать 19 683 листовыми побегами; в действительности же, по счету Визнера, на таком суке, обращенном к солнцу, оказалось только 238 побегов, а на другом, затененном суке того же возраста, лишь 182 побега.

Из подобных наблюдений над борьбой побегов в кроне дерева можно действительно считать раненых и убитых; оказывается, что на 100-летнем дереве число погибших неизмеримо колоссально по сравнению с наличными листовыми побегами, и эта зелень, ласкающая наш взор, прикрывает собой кладбище.

Из всего вышеизложенного вытекают следующие выводы:

1) Дерево есть живая коллективная колония множества молодых индивидов, неразрывно соединенных в одно целое с целым рядом предшествовавших бесполовых поколений, частью уже мертвых, и объединенных между собой годовыми отложениями организованной ткани, которая исполняет общие для колоний функции—подачи из почвы воды с минеральными солями и распределения пластического вещества как про запас (для общего плодоношения), так и для роста частей колонии (корни и ствол), лишенных способности производить эти вещества.

2) В этой колонии индивидов каждый индивид, за исключением первого (семенного однолетка), образовался бесполом путем. По прошествии нескольких десятилетий жизни колонии (двух для березы, осины и лиственницы, пяти—для дуба и других пород) каждый индивид может образовать, вне колонии, половое поколение или же может не дать последнего. Равным образом, каждый индивид способен получить определенное влияние среды, ведет борьбу за существование и потому способен к самостоятельной, постоянной изменчивости.

Позади каждого наличного индивида насчитываются многие сотни и даже тысячи погибших в прошлой борьбе за существование.

3) Нет существенной разницы между почковой и семенной вариацией, и причины той и другой изменчивости одинаковы, так что обе вариации однородны между собой.


Для улучшения расы отбор может производиться тем или другим путем, хотя условия происхождения и среда бесполовых индивидов менее изменчивы, чем у сменных всходов (как происшедших от двух родителей).

Разновидности растений, происшедшие от почковой вариации, размножаются вегетативно, хотя, по прошествии ряда поколений, они нередко воспроизводятся также и путем семян.

На разновидностях от почковой вариации часто наблюдаются случаи атавизма. Такие случаи возврата к вымершим формам установлены в отношении листьев платана, гинкго, тьяльпанного дерева (*Liriodendron tulipifera*) и сассафраса (*Sassafras officinalis*), причем замечены они на молодых побегах деревьев, еще не достигших семенной возмужалости.



## VI. НАЗНАЧЕНИЯ И ФУНКЦИИ ДРЕВЕСНОГО СТВОЛА

- 
- ближайшая техническая задача лесохозяина—воспитание ствола. В жизни дерева ствол имеет 3 главных назначения:
- 1) поднимать листву с цветами и плодами как можно лучше над землей, чтобы:
    - а) к листьям имели свободный доступ солнечные лучи, и
    - б) цветы и плоды открыты были доступу ветра, так как деревья суть анемофильные растения, т. е. опыляемые ветром (кроме липы, ивы и других насекомоопыляемых растений—энтомофильных);
  - 2) доставлять от корней к листьям воду с растворенными минеральными солями и пластическими веществами и
  - 3) распределять фабрикуемые листьями образовательные вещества, продукты там, где они нужны:
    - а) для постройки,
    - б) для плодоношения и
    - в) про запас.

Первое назначение, можно сказать, есть чисто архитектурное, вызванное необходимостью для растения иметь возможно широко развитую листовую поверхность, чтобы использовать наибольший объем воздуха для получения потребного углерода.

Как известно, единственным источником углерода для надземных растений служит углекислота атмосферы, в которой содержание этого газа весьма ничтожное, составляя по объему около 0,03% (точнее, 0,0295%) и по весу 0,045%.

В целях обеспечения себя углеродом растение образует возможно широкую листовую поверхность, и к этому направлена вся организация всякого автотрофного (т. е. хлорофильного) растения<sup>1</sup>. Так, конский каштан высотой 8,5 м, при общем числе листьев около 8000 шт., имеет общую листовую поверхность около 320 м<sup>2</sup>.

Подсолнечник с общей поверхностью 1,5 м<sup>2</sup> в течение 15 часов летнего дня может поглотить из воздуха и переработать до 9 л углекислоты, что соответствует образованию 11,25 г крахмала.

Одна тыква с поверхностью 7,3 м<sup>2</sup> может за то же время переработать 33 л углекислоты с образованием 40 г крахмала.

Гектар пшеницы во время цветения представляет листовую поверхность 35 000 м<sup>2</sup>, что соответствует листовой поверхности 103 экземпляров вышеуказанных размеров конского каштана.

<sup>1</sup> Растения, лишенные хлорофилла, то есть лишенные способности усвоения углерода при содействии света (фотосинтез), называются гетеротрофными.

Во время цветения на 1 га картофеля имеется около 40 000 м<sup>2</sup> зеленой поверхности, что отвечает листовой поверхности 125 экземпляров того же конского каштана.

На единицу земельной площади лесонасаждение по сравнению с травянистой растительностью образует значительно более широкую листовую поверхность. Так, средней густоты лиственный лес с хорошим подростом имеет листовую поверхность в 120—150 раз более площади земли, занимаемой этим лесом, тогда как 1 га клевера имеет листовую поверхность 26 га, 1 га люцерны—85 га, 1 га смешанных луговых трав—до 100 га.

Чтобы поднимать ветви с листьями на достаточную высоту, дерево должно иметь ствол определенной мощности и крепости, который выдерживал бы в равновесии:

1) тяжесть кроны—эту сложную конструкцию стропил и связей, поддерживающих громадную листовую поверхность (у дуба толщиной 35—40 см крона имеет до 1960 кг);

2) груз снега, покрывающий крону хвойного дерева зимой, и

3) силу ветра в течение всего вегетационного периода, когда лес одет листвою. Это—главное.

С ростом дерева тяжесть кроны ежегодно увеличивается; груз ее при этом поднимается все выше и выше; так, у взрослого дуба крона, имеющая вес до 1600—2000 кг, ежегодно поднимается на высоту полметра, причем эта работа совершается не домкратом, а микроскопическими частицами живой протоплазмы в клетках, которые своей жизнедеятельностью производят увеличение объема дерева.

Поэтому толщина и крепость ствола всегда должны находиться в соответствии с изменяющимся весом и развитием кроны, чтобы здание не рухнуло. При этом имеет значение и порода дерева: остроконечная сосна требует менее развитый в комле ствол, чем развесистый дуб; у дуба крона далеко распространена во все стороны, и ему необходимо иметь особенно толстый в комле, устойчивый для поддержания тяжелого груза. По форме и по строению своему дуб должен отличаться от тонкой и гибкой сосны.

Надо принять во внимание следующие общие архитектурно-инженерные соображения. Для того, чтобы растущее на поверхности земли дерево находилось в устойчивом равновесии, необходимо: во-первых, чтобы оно опиралось на эту поверхность во многих точках, по крайней мере, в трех точках, и, во-вторых, чтобы вертикаль, проведенная через центр тяжести дерева, приходилась внутри площади его опоры на поверхности, на которой оно стоит, т. е. внутри площади, ограниченной ломаной линией, соединяющей крайние его точки опоры.

При наличности обоих этих условий дерево стоит устойчиво, т. е. если, например, ветром несколько отклонить его в сторону, оно снова станет на место по прекращении волны ветра.

Наибольший наклон, который можно сообщить дереву, не повалив его, соответствует тому положению, когда вертикаль, проведенная через его центр тяжести, встречает границу площади опоры; как только помянутая вертикаль перейдет эту границу, дерево может повалиться. Из сказанного следует, что условиями, благоприятными устойчивости дерева, являются: 1) большая площадь опоры и 2) возможно низкое положение центра тяжести дерева.

С механической точки зрения древесный ствол находится под действием двух сил: 1) силы тяжести дерева, действующей в направлении продольного сжатия, и 2) изгибающей силы ветра.

Действие как той, так и другой силы неодинаково в различных сечениях по длине ствола—с увеличением расстояния от земли оно убывает, и тем самым, по закону экономии строительного материала, обуславливается определенная сбежистость ствола.

В самом деле: в отношении силы тяжести надо заметить, что давление, испытываемое данным сечением ствола, определяется весом кроны, весом

части ствола, расположенной над этим сечением. Это давление становится тем меньше, чем выше от земли находится данное сечение. Поэтому и так как площади поперечных сечений ствола относятся между собой как квадраты радиусов, то ствол от основания к вершине должен постепенно уменьшаться в толщине. В пределах кроны вес ее, с поднятием вверх, быстро уменьшается, и потому ствол здесь сильно сбежист.

Что касается изгибающей силы ветра, то ствол дерева должен противостоять не столько продольному сжатию от силы тяжести, сколько изгибающей силе ветра, который действует на крону дерева.

Если на свободный конец вертикальной балки, укрепленной нижним концом, действует сила, стремящаяся изогнуть и сломать ее, то наибольшее напряжение и опасность излома будут в месте закрепления балки, и в инженерном искусстве это место называется опасным сечением. Выше же этого места напряжение будет тем меньше, чем ближе сечение к точке приложения силы.

Поэтому в такой балке, во избежание излишнего расхода строительного материала, сечения по направлению к свободному концу должны постепенно уменьшаться так, чтобы сопротивление на изломы на всех сечениях было одинаково. В учении о сопротивлении материалов такая балка называется бруском равного сопротивления.

При круглом сечении она характеризуется так: отношение кубов диаметров поперечных сечений равно отношению соответствующих расстояний этих сечений до точки приложения силы, то есть

$$d_1^3 : d_2^3 : d_3^3 \dots = l_1 : l_2 : l_3 \dots$$

или если  $d$  взято на половине расстояния  $\left( l_1 = \frac{l_3}{2} \right)$ , тогда

$$d_1^3 : d_3^3 = l_1 : l_3 = 1 : 2, \text{ или } d_1^3 = \frac{d_3^3}{2};$$

принимая  $d_3$  за 1,  $d_1^3 = \frac{1}{2}$ ,  $d_1 = \frac{1}{\sqrt[3]{2}} = \frac{1}{1,26} = 0,794$ , то есть диаметр на половине ствола равен  $\frac{4}{5}$  диаметра основания.

По исследованиям Метцгера<sup>1</sup> (1893 г.), в отношении ели, на форму ствола влияет сила ветра. При этом дерево вырабатывает форму ствола, достаточно сопротивляющуюся изгибу от ветра, действующего на крону.

По форме ствол подходит, приближается к брусу равного сопротивления на изгиб, причем точка приложения силы находится в центре тяжести кроны.

От свободного конца дерева к прикрепленному диаметр ствола возрастает тем сильнее, чем больше действующая сила.

Отсюда вытекает целый ряд выводов:

1) Чем больше действие ветра на дерево, тем значительнее сбежистость ствола:

а) дерево угнетенное (под пологом) и господствующего класса и

б) дерево опушечное и внутри насаждения (рис. 12).

2) Чем постояннее сильный ветер, действующий на дерево, тем короче его ствол (т. е. ниже положение центра тяжести дерева). Отсюда:

а) низкорослость дерева, растущего особняком, по сравнению с деревом в сообществе,

б) низкорослость деревьев на холме сравнительно с прилегающей долиной (рис. 13) и

в) низкорослость деревьев в степной области сравнительно с лесной областью.

3) Чем сильнее развита крона дерева (по биологической его природе), тем больше ствол его утолщается к основанию, так как при этом: а) крона

<sup>1</sup> Metzger. Der Wind als massgebender Factor für das Wachstum der Bäume. Münchener forstliche Hefte, 3.

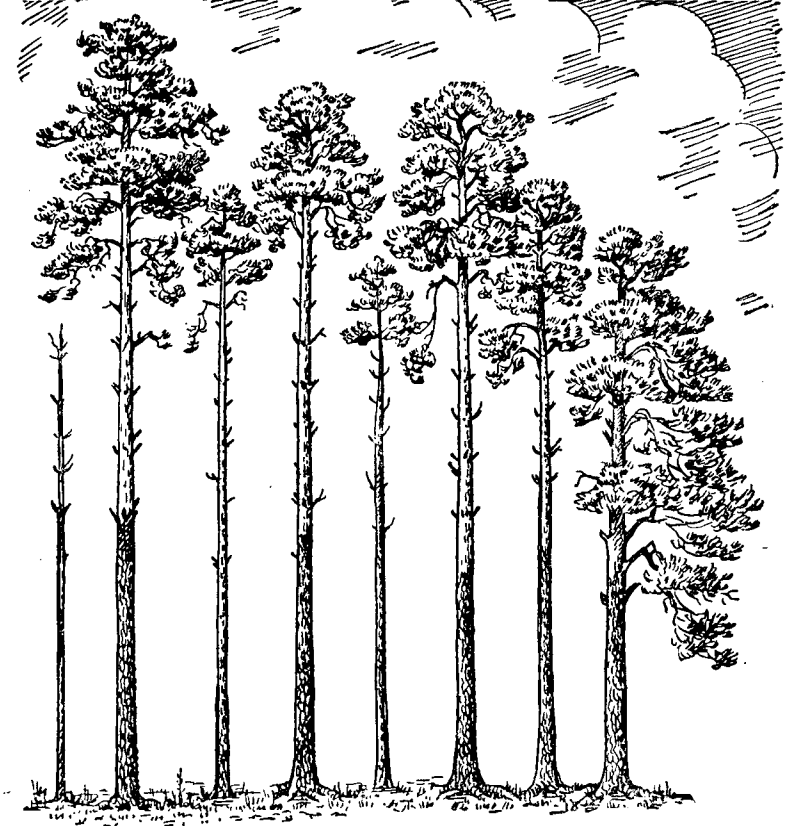


Рис. 12.

имеет больший вес (большой груз), и б) она представляет большую поверхность напору ветра.

Отсюда наибольшая сбежистость ствола: 1) у деревьев, растущих на просторе, 2) у дуба по сравнению с сосной.

В сомкнутом насаждении слаборазвитые кроны представляют малую поверхность для напора ветра и притом мало выставлены действию ветра, а кроме того, над сплошным пологом ветер имеет и меньшую силу. Форма ствола поэтому находится в весьма большой зависимости от полноты насаждения. Высоконасаженная крона дерева связана с полнодревесностью ствола, а низконасаженная крона сопровождается сбежистостью ствола (дерево I класса, дерево II или III класса по Крафту).

4) Сильное утолщение нижней части ствола по выставлении дерева на простор (рис. 14).

5) Большая сбежистость стволов с повышением альтитуды местности.

6) Образование корневых наплывов—расширений ствола у самой земли под влиянием действия ветра, что особенно выпукло выражено у пород слабоукореняющихся, например у ели.

В архитектуре при сооружении колонн устраивается при их основании подобное же расширение, называемое базой, имеющее ту же цель—придание колонне большей устойчивости (рис. 15 и 16).

7) Когда ветер господствует лишь с одной, определенной стороны, то в такой местности хорошо видно, что у деревьев корневые наплывы наиболее сильно развиты лишь со стороны, противоположной действию ветра (рис. 17).

8) Сами боковые корни исполняют роль подпорок или вертикально расположенных досок, неся функцию якоря (рис. 18).

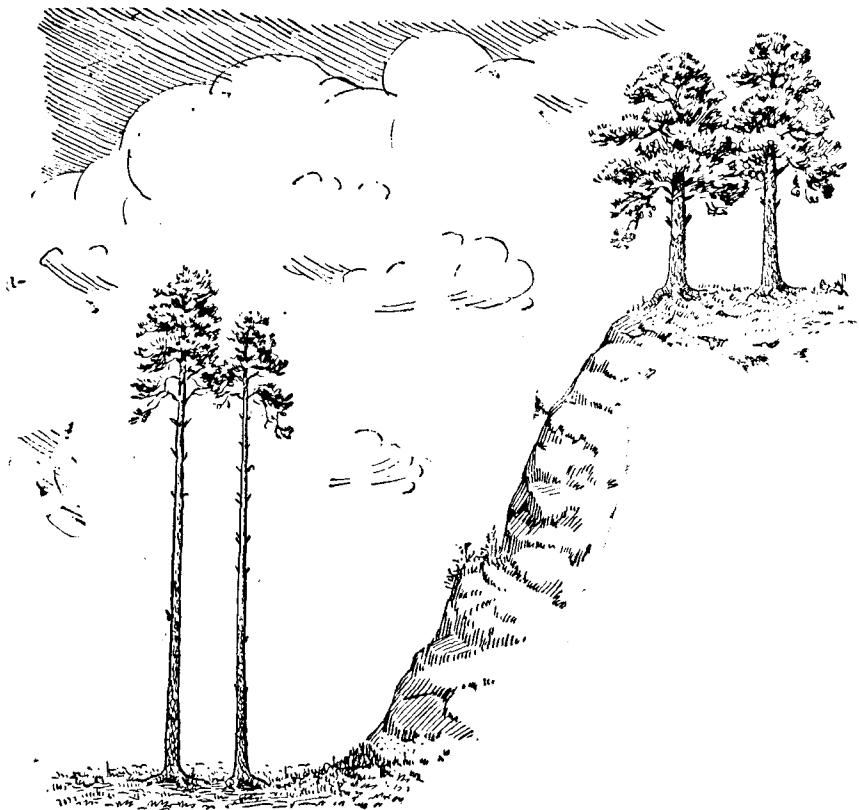


Рис. 13.

Эта своеобразная черта корневого аппарата чрезвычайно рельефно выражена у каучуковой смоковницы (*F. elastica*), произрастающей в Верхней Индии и Индостане, вплоть до границы с Китаем. У этого дерева имеется, кроме того, до сотни столбовых корней.

При поранении каучуковой смоковницы из ствола вытекает млечный сок, застывающий в желтоватую или бурю массу. Это—сырой каучук, который затем рафинируется.

Такого же рода доскообразные боковые корни, отходящие от ствола, имеются у растущего в пампасах Аргентины дерева омбу (*Pircunia dioica*), которое находится под действием западных бурь в пампасах, а также у смоковницы (*F. indica*).

Так как листовая крыша, образуемая кроной этой смоковницы, почти непроницаема для дождя и лучей солнца, то под сводом дерева даже днем царит полутьма. От боковых ветвей дерева отходят вертикально в землю столбовые корни, поддерживающие, как столбы, раскидистые мощные ветви.

Так как почва под этим деревом настолько тверда и суха, что свешивающиеся к ней воздушные корни не в состоянии бывают проникнуть в нее и укорениться, то у деревьев, считаемых индусами священными, укоренение облегчают, заставляя корни расти сквозь длинные бамбуковые трубки, при основании которых земля разрыхляется и искусственно орошается. На о. Цейлон на одной смоковнице (*F. indica*) насчитывали 350 больших и 30 000 меньших столбовых воздушных корней. Под тенью могла бы быть устроена деревня в 100 хижин.

9) Деформация всего дерева (изогнутость ствола и флагообразность кроны) от механического действия ветра, господствующего с определенной



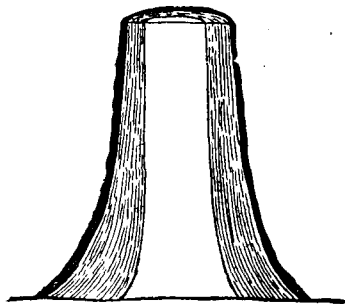


Рис. 14.

своей твердостью. Причина этого явления заключается в том, что сопротивление древесины на растяжение в 2,5—3 раза больше, чем сопротивление на сжатие; так, у сосны сопротивление на растяжение равно 1065 кг на 1 см<sup>2</sup>, а на сжатие—444 кг.

Несомненно, что и обычно встречающаяся в лесах эксцентricность деревьев происходит также под влиянием действия ветра: вследствие господства западных ветров диаметр ствола с востока на запад часто бывает больше, чем с севера на юг, причем случающиеся отклонения в направлении эксцентricитета объясняются особенностями развития боковых разветвлений корневого аппарата, в зависимости от почвы, различиями в направлении местных ветров, в связи с топографией, а также ударами крон соседних деревьев различной мощности, от каковых ударов изменяется направление раскачивания стволов более слабых деревьев, а следовательно, и направление эксцентricитета (рис. 20).

11) Обычное явление в корневом аппарате—эксцентricность боковых корней также надо объяснить действием ветра; так как верхняя сторона кор-

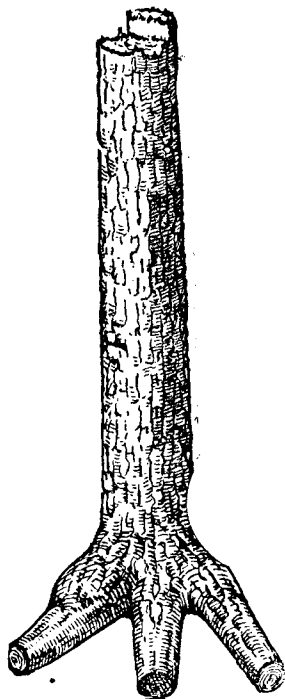


Рис. 15.

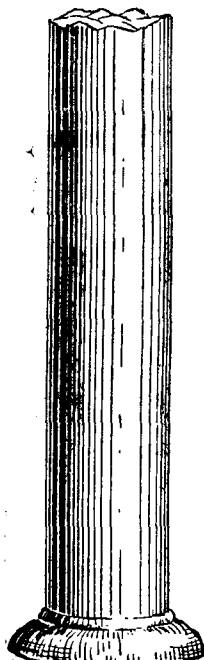


Рис. 16.

стороны, на морских побережьях и на высотах гор, а также в полярных областях (рис. 19).

10) В местностях, где сильные ветры дуют преимущественно в определенном направлении (как на морских побережьях и часто на горных высотах), у деревьев, наряду с изогнутостью ствола и флагообразностью кроны, образуется большая эксцентricность ствола: на подветренной стороне ствола отлагаются широкие годичные слои с сильно развитой летней древесиной в каждом годичном слое. Надветренная сторона ствола имеет древесину белого цвета и называется древорубами мягкой стороной, а подветренная представляет красную древесину и отличается

своей твердостью. Причина этого явления заключается в том, что сопротивление древесины на растяжение в 2,5—3 раза больше, чем сопротивление на сжатие; так, у сосны сопротивление на растяжение равно 1065 кг на 1 см<sup>2</sup>, а на сжатие—444 кг.

Несомненно, что и обычно встречающаяся в лесах эксцентricность деревьев происходит также под влиянием действия ветра: вследствие господства западных ветров диаметр ствола с востока на запад часто бывает больше, чем с севера на юг, причем случающиеся отклонения в направлении эксцентricитета объясняются особенностями развития боковых разветвлений корневого аппарата, в зависимости от почвы, различиями в направлении местных ветров, в связи с топографией, а также ударами крон соседних деревьев различной мощности, от каковых ударов изменяется направление раскачивания стволов более слабых деревьев, а следовательно, и направление эксцентricитета (рис. 20).

11) Обычное явление в корневом аппарате—эксцентricность боковых корней также надо объяснить действием ветра; так как верхняя сторона кор-

ней при этом работает на сжатие, то естественно, что именно на этой стороне откладываются широкие годичные слои, и в поперечном разрезе боковой корень имеет форму клина (рис. 24).

12) На сучьях всех хвойных деревьев и самшита нижняя сторона сука, как работающая на сжатие, имеет широкие годичные слои, т. е. красную, твердую древесину, и эксцентricность сука имеет большую ось, направленную к земле, причем сердцевина сдвинута вверх; камбий на верхней стороне ветви нередко оказывается совершенно бездеятельным, вследствие чего на этой стороне обнаруживается неполное число годичных слоев.

Вышеописанная эксцентricность ветвей хвойных пород называется гипоксильным (huroxyl), т. е. поддревесным, ростом (рис. 22).

Но замечательное, хотя и малоизвестное обратное явление наблюдается у большинства лист-



Рис. 17.

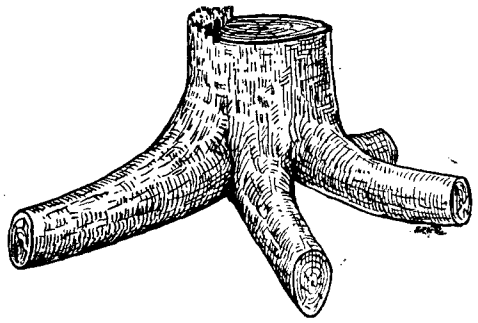


Рис. 18.

венных пород, как липа, ясень, лещина, вереск и др.; у них, наоборот, на верхней стороне сука оказывается большая ширина слоев, а не на нижней. Это явление эпиксильного (epixyl), т. е. наддревесного, роста (рис. 23). Правда, у лиственных пород нередко бывает чередование годичных слоев, развитых более сильно, то с верхней стороны сука, то с нижней, но первые, т. е. эпиксильный рост, всегда преобладают над вторыми, т. е. гипоксильным ростом.

Хотя у хвойных деревьев также бывает эпиксильный эксцентриситет, размером может служить 75-летний сук на

100-летней сосне, произраставшей особняком в редком сосновом насаждении на выгоне Тимирязевской сельскохозяйственной академии.

По исследованиям Железнова (1874 г.), содержание воды в эксцентриситетно развитых ветвях изменяется вместе с направлением эксцентриситета: при низком положении сердцевины (epixyl) нижняя часть сука более богата водой, чем верхняя; при противоположном же эксцентриситете (huxyl), наоборот, более богатой водой оказывается верхняя сторона.



Рис. 19.

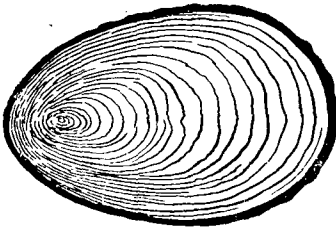


Рис. 20.

У липы эксцентricность ветви распространяется также и на кору с лубом (т. е. кора с верхней стороны сука гораздо толще, чем с нижней).

13) У растущих наклонно деревьев, «креника» или «крепежника», красная и твердая древесина, «крень», образуется на нижней стороне ствола, а белая и мягкая—на верхней, и большая ось эксцентricитета обращена в направлении наклона ствола (рис. 24).

14) Так как комель ствола подвержен наибольшему сжатию и изгибающей силе ветра, поэтому он обладает наилучшими механическими свойствами (техническими качествами) сравнительно с остальными верхними частями ствола.

Поэтому приходится с болью смотреть на хозяйственное безумие человека, который при срубке строевого леса оставляет пни высотой до 1—1,2 м над землей. Эта небрежность обходится государственному лесному хозяйству дорого: она сопровождается при этом потерей до 15—20% лучшей части запаса стволовой древесины срубленного леса; для количественного возмещения этой потери, разумеется, требуется ежегодная вырубка соответственно большей площади спелого леса, чем при оставлении низких пней (рис. 25).

15) Вследствие обрезки живых сучьев ослабляется вес кроны и давление ветра на крону дерева и, следовательно, уменьшается изгибающая сила ветра; поэтому в нижней части ствола, после такой обрезки, часто откладываются более узкие годовичные слои и ствол становится более полнодревесным или же происходит разрастание кроны, то есть все пластические вещества идут на постройку ветвей и сучьев.

16) Той же основной причиной, что сопротивление древесины на растяжение в 2,5—3 раза больше, чем на сжатие, быть может, объясняется отчасти и различие в величине зоны летней древесины в разных годовичных слоях у одного и того же дерева: в годы с сильными ветрами и, следовательно, с повышенной транспирацией дерева, не изменяя своей стволовой формы, отлагают в новом слое сильно развитую зону летней древесины, а в связи с тихой погодой производят сравнительно узкую зону этой древесины. К сожалению, это весьма важное явление до сих пор не было подвергнуто основательному исследованию.

17) Действие ветра на деревья усиливается с высотой их не только по причине удлинения плеча рычага, но и вследствие возрастания скорости ветра с поднятием над земной поверхностью; на высоте 15 м скорость ветра в 3—4 раза превосходит скорость его над поверхностью почвы, а на высоте 30—40 м—в 5—6 раз. Поэтому древесный ствол с увеличением его высоты должен становиться более сбежистым.

Этот вывод вполне подтверждается данными видовых чисел для всех пород, показывающими, что с увеличением высоты ствола на два метра видовое число в среднем уменьшается на 0,002—0,006; так, в Московской губернии при высоте ели 13 м видовое число равно 0,551, а при высоте 26 м—0,460; для сосны соответственные цифры таковы: при 13 м—0,487 и при 26 м—0,452.

18) Чем большее протяжение длины ствола занимает крона, тем большая поверхность кроны подвергается действию ветра и тем, следовательно, значительнее должна быть сбежистость древесного ствола. Этот вывод также вполне под-

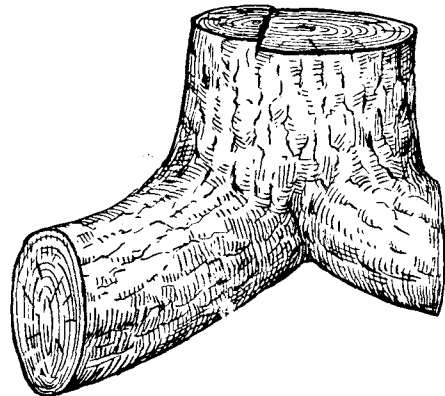


Рис. 21.

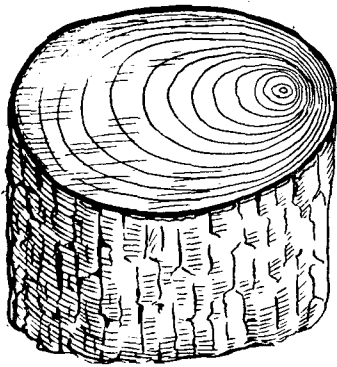


Рис. 22.

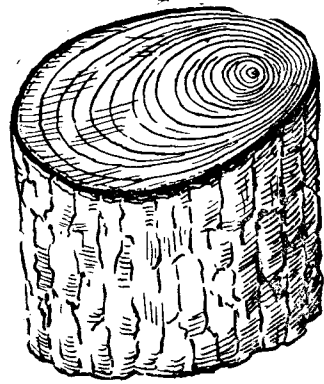


Рис. 23.

тверждается наблюдениями. Так, в Московской губернии, по Крюденеру, березы с кронами, занимающими от  $\frac{1}{3}$  до  $\frac{1}{2}$  длины ствола (I тип), по сравнению с березами, у которых кроны спускаются ниже половины высоты ствола (II тип), имеют при высоте берез от 11 до 19 м следующие видовые числа:

Высота (м)	I тип	II тип
11	0,514	0,459
13	0,487	0,449
15	0,476	0,435
17	0,471	0,429
19	0,450	0,413

Это — выводы из измерений 972 берез.

19) При изреживании насаждения происходят два явления: уменьшение роста в высоту деревьев и утолщение основания стволов. Оба явления находятся в тесной связи с усиленным влиянием ветра на деревья, составляющие изреженное насаждение: потребность в большей устойчивости комля ствола лишает верхнюю часть дерева строительного материала.

В зависимости от вышеуказанных двух явлений происходит также и падение относительной высоты  $\left(\frac{h}{d}\right)$  с изреживанием насаждения.

Если же нет усиления действия ветра, то в этом случае не происходит и утолщения комля древесного ствола, а все пластические вещества идут на расширение крон, поступая на постройку сучьев и ветвей.

Таким образом, древесный ствол представляет собой образец остроумной инженерной архитектуры, точно прировненной к той тяжести, которую дереву приходится носить, и к тем порывам ветра, которые оно должно испытывать.

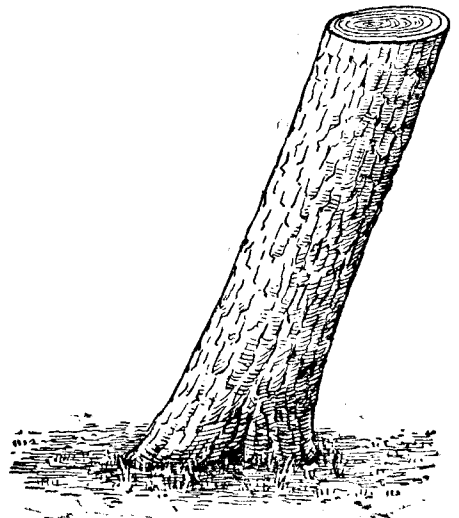


Рис. 24.

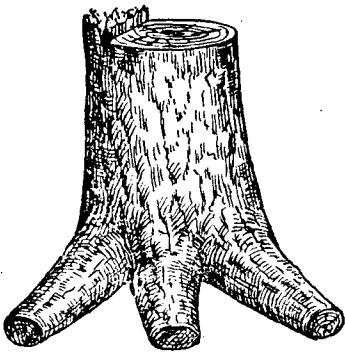


Рис. 25.

И это образцовое сооружение, несмотря на изменение условий среды, происходящее в течение десятилетий, постоянно находится в подвижном равновесии.

В природе, конечно, бывают отклонения от этой соразмерности архитектуры. И после каждой бури мы видим, что происходит с этими уклонениями—деревья вырваны с корнем или сломаны. Выживают лишь приспособленные противостоять необычным невзгодам воздушной стихии...

Этот естественный отбор продолжается с доисторических времен; ныне же он совершается гораздо интенсивнее, ввиду усилившегося вмешательства человека в жизнь леса.

Это вмешательство, сразу открывая большой доступ ветру, обуславливает частое появление искусственно созданных «уклонов» в архитектуре леса. Физиологические причины всех вышеуказанных приспособлений дерева к внешним воздействиям составляют:

1) усиленная деятельность камбия внизу ствола, благодаря:

а) повышенной его температуре от близости почвы и обилию влаги, так как для роста нужны два важнейших фактора—теплота и влага, и  
б) может быть, механическому раздражению, вызываемому движением ствола от ветра;

2) задержка роста в верхних частях ствола по причине недостатка влаги и большой инсоляции.

Ввиду чрезвычайного разнообразия и изменчивости внешних условий местопроизрастания дерево не может иметь одну определенную форму ствола, соответствующую, скажем, брусу равного сопротивления на изгиб (где  $d_{0,5} = 0,794 d$  основания и  $d_{0,75} = 0,630 d$  основания), так как одно дерево не есть однородная масса, подобная брусу равного сопротивления, и 2) форма ствола находится в неразрывной связи и с анатомическим строением дерева, то есть с природой самого строительного материала.

Сопротивление как продольному сжатию, так и изгибу существенно зависит от силы бокового сцепления волокон. Неблагоприятное влияние при этом могут иметь сердцевинные лучи. Поэтому каждой породе должна быть свойственна своя форма ствола с большой амплитудой колебаний от средней нормы.

Приспособления дерева к внешним действующим силам достигаются не одним только изменением формы ствола, но также и 1) относительным развитием летней древесины в годичном слое, 2) изменением размеров сердцевинных лучей, 3) изменением толщины стенок волокон и трахеид и 4) изменением качества того цемента, который связывает волокна, и вообще изменением анатомической структуры древесины и, может быть, также изменением химико-физических свойств строительного материала.

Поэтому, строго говоря, нельзя приравнивать сложно построенное тело древесного ствола к однородному по своему сложению брусу равного сопротивления или иному правильному телу вращения.

Предлагалось выведенное М е ц г е р о м уравнение нормальной формы ствола, как параболоида, образованного кривой уравнения  $x^3 - ay$ , изменить в том направлении, чтобы отношение различных расстояний от точки приложения силы ветра до диаметров равнялось отношению не кубов соответствующих диаметров, а меньших степеней, изменяющихся от 1,5 до 3.

Но и подобные формульные изменения не дадут конкретно возможности уловить и определить всего разнообразия изменчивости как внешних условий местопроизрастания, так и приспособлений древесного растения в данной среде.

Так называемые видовые числа, по-немецки Formzahlen,—прием, не подходящий для изучения формы древесного ствола.

В лесоводстве для учета этой формы различают видовые числа ствола, дерева, делового ствола и насаждения ( $F = \frac{M}{GH}$ ), где  $M$ —запас,  $G$ —площадь сечения деревьев на высоте груди и  $H$ —средняя высота насаждения.

Видовые числа ствола подразделяются на простые и рациональные, причем простым  $F$  называется отношение объема ствола к объему цилиндра, имеющего высоту дерева, а диаметр, равный грудному диаметру ствола; но так как простое  $F$ , независимо от изменения формы, сильно варьирует с изменением высоты дерева, то предложены рациональные  $F$ , представляющие собой отношение объема ствола к объему цилиндра, высотой равного высоте дерева, а диаметром равного диаметру не на высоте груди, то есть 130 см от земли, а на высоте от земли  $\frac{1}{20}$  высоты дерева. Таким образом, рациональное  $F$  ствола, имеющего высоту 26 м ( $=1,3 \times 20$ ), равняется простому видовому числу, а для ствола больше 26 м высоты оно больше простого  $F$  и для ствола меньше 26 м высоты оно меньше простого  $F$ .

Простые видовые числа ствола определены для всех главнейших пород и находят большое применение в лесотаксационной практике. На эти числа имеет влияние:

1) Порода дерева. Если сопоставить однодольные растения (пальмы, бамбуки и т. д.) и споровые растения (папоротники) с нашими деревьями, то резко бросается в глаза их различие строения и формы: а) нет годичных слоев древесины в поперечном сечении ствола; б) ствол сразу вырастает из земли почти таким же толстым, как и в последующей жизни растения, и в) вес кроны с возрастом растения мало изменяется.

Поэтому стволы однодольных и споровых растений приближаются по форме своей к цилиндру.

Из наших древесных пород наиболее полнодревесные стволы имеют: пихта (0,48), ель (0,47), бук (0,50) и осина (0,46).

Затем к сильно сбежистым относятся: береза (0,43), клен и ясень.

2) Возраст. При прочих равных условиях, с увеличением возраста дерева простое  $F$  увеличивается. Так, по баварским данным:

<i>ель, высота 12 м, диаметр 24 см, в возрасте</i>			
21—60 лет	имеет видовое число	0,471	(из 52 измерений)
60—100 »	»	»	» 0,490 » 65 »
более 100 »	»	»	» 0,588 » 3 »
<i>ель, высота 20 м, диаметр 24 см, в возрасте</i>			
21—60 лет	имеет видовое число	0,492	
61—100 »	»	»	» 0,498
более 100 »	»	»	» 0,499

Основная причина этого явления здесь—различие в строении древесины у деревьев различных возрастов: большая мелкослойность в комле у более старых деревьев.

3) Влияние высоты над уровнем моря (в горах сбежистость) и географической широты (на севере сбежистость). Основная причина здесь—действие ветра.

4) Громадное значение имеет полнота насаждения: с увеличением полноты  $F$  увеличивается. Основная причина здесь—также действие ветра.

Значение полноты насаждения гораздо значительнее, чем влияние всех других факторов (природы, возраста, высоты и пр.).

Эта зависимость особенно подробно разработана для ели проф. Ш и ф ф е л е м. Так, для ели высотой 25 м простое  $F$  ствола составляет:

- 1) в редком древостое 0,370, 0,383, 0,396 и 0,408;
- 2) в средней полноте 0,435, 0,451 и 0,468 (т. е. 26%);
- 3) в полных насаждениях 0,485, 0,503 и 0,521 (т. е. 41%);
- 4) в густых насаждениях 0,541, 0,562, 0,583 и 0,604 (т. е. 63%).

Итак, изменения простого  $F$  весьма сильные. Взяв крайности для сравнимых четырех категорий древостоя, найдем, что разности в видовых числах

ствола ели, одинаковых размеров, но выросших в разных условиях густоты, будут: 0,098, 0,151, 0,234, или в процентах более, чем в редком древостое (0,370), на 26%, на 41% и на 63%.

5) Изменение простого  $F$  ствола с увеличением высоты деревьев.

$F$  дерева от более 1,0 до 0,65—0,45 (при высоте более 20 м).

$F$  делового ствола от 0 до 0,550 (максимум до 13—15 м).

$F$  ствола от 0,900 до 0,500.

Взамен видовых чисел, в практике—лесохозяйственной во Франции и лесопромышленной у нас, в СССР, применяется понятие сбега ствола, то есть степень уменьшения толщины ствола по мере увеличения длины ствола на погонную единицу меры.

Данные о сбеге древесного ствола представляют собой ценный сырой материал для изучения формы ствола.

Затем в последнее время для исследования формы древесного ствола вводят в употребление коэффициенты формы ствола, так:

$$q_1 = \frac{d_{0,5}}{D_{гр}}, \quad q_2 = \frac{d_{0,75}}{D_{гр}}, \quad q_3 = \frac{d_{0,75}}{d_{0,25}} \quad \text{и} \quad q_4 = \frac{d_{0,5}}{d_{0,05}}.$$

Два первых коэффициента ( $q_1$  и  $q_2$ ) могут служить указателями формы ствола лишь при одинаковой высоте сравниваемых деревьев. Третий коэффициент ( $q_3$ ), предложенный австрийским профессором и лесоводом Шиффелем, характеризует форму ствола независимо от высоты дерева. Также хорош и четвертый коэффициент ( $q_4$ ), предложенный мной.

Коэффициенты формы ствола представляют собой реальные отношения в древесном стволе; находятся они чрезвычайно просто и характеризуют форму ствола точнее, чем простые  $F$ ; наилучшим образом выражаются они коэффициентом формы Шиффеля ( $q_3$ ), но больше разработаны К р ю д е н е р о м  $\left( q_1 = \frac{d_{0,5}}{D_{гр}} \right)$ , под названием дельты в удельных массовых таблицах.

По исследованию проф. Янка на 80-летних елях, оказалась точная пропорциональность отношения между процентом кроны и шиффелевским коэффициентом формы. Так:

При проценте кроны  $q_3 \left( \frac{d_{0,75}}{d_1} \right)$

33—35	0,540
45—50	0,495
55—60	0,458
75—80	0,431
80—86	0,333

У бруса равного сопротивления этот коэффициент формы равняется  $\sqrt[3]{\frac{1}{3}} = \frac{1}{1,442} = 0,694$ , у

параболоида же  $\sqrt[3]{\frac{1}{3}} = \frac{1}{1,732} = 0,577$ ; у конуса он равен 0,333

Последняя ель с коэффициентом формы 0,333, соответствующим конусу, свободно произрастала особняком в парке.

Разработка коэффициентов формы древесных стволов должна приобрести важное значение в лесоводстве.

Видовые числа (простые и рациональные) не могут давать правильного представления о форме ствола, и ими нельзя для этой цели пользоваться. Значение их весьма скромное—служить лишь в качестве «переводных» чисел или «объемных факторов» для определения запаса насаждения. Нельзя придавать им какую-либо иную служебную роль, не впадая в глубокую ошибку, как то, однако, нередко делается. Если в одном из сравниваемых насаждений простое  $F$  больше, чем в другом, то отсюда еще отнюдь нельзя заключить, что в этом насаждении и полндревесность стволов больше, ибо, кроме полндревесности, на простое  $F$  оказывают огромное влияние высота и возраст деревьев и другие факторы.

Подобное заключение может быть допустимо лишь при том исключительном условии, что сравниваемые насаждения совершенно одинаковы по высоте своей, по толщине деревьев и по возрасту, а также занимают одинаковую почву.

С разработкой коэффициентов формы, вероятно, видовые числа, по крайней мере простые, утратят всякое значение и будут сданы в архив науки, где поконятся уже немало таксационных измышлений, оказавшихся не нужными ни для теории, ни для практики лесного хозяйства.

Вторая функция ствола—как проводника воды. Подъем воды—серьезная и трудная механическая задача для дерева. Если бросить взгляд на раскидистый дуб, поднимающий свою вершину на высоту 30—32 м над поверхностью земли и распростирающий столь глубоко и широко под землей свою корневую систему, то можно изумляться, какой трудной механической задачей для дерева является подъем воды с большой глубины на столь значительную высоту без помощи водокачек и сифонов.

Водоподъемная работа, производимая гектаром насаждений, пожалуй, превосходит работу водопроводного предприятия иного города.

Для выполнения этой задачи, как известно, в дереве служат два главных двигателя: один в корнях—осмотическое давление корня, а другой в кроне—транспирация листьев.

Корневое давление, основанное на осмосе клеток корневых мочек, давит на находящуюся в древесине воду с одного конца, а процесс испарения воды листьями втягивает, всасывает воду с другого конца. Корневое давление дерева имеет место лишь весной; в летнее же время оно не обнаруживается.

Многими физиологами принимается, что корневое давление проявляется весенним плачем растений, т. е. истечением сока из ранки или среза на стебле. Но этот взгляд не соответствует действительности.

Хотя восходящий ток весной происходит и у всех древесных растений, но лишь у крайне немногих из них, при поранении в это время ствола, наблюдается выделение сока из ранки, или плач. Эти растения суть: клен, береза, орех, виноград и гикори (*Carya*), т. е. всего пять пород и, может быть, еще шестая порода—граб.

Почему только эти немногие растения выделяют весной сок из ран,—мы не знаем. Связано ли, и если да, то в какой мере, это выделение сока с восходящим током, нам также мало известно.

Ведь ранка есть простое выходное отверстие, через которое может вытекать сок из прилегающих к ней живых тканей дерева, как вытекает вода из пузыря с водой, если его проткнуть, а в пузыре нет никакого восходящего тока.

По-видимому, в весеннем плаче вышеназванных растений играют роль не только восходящий ток дерева, но и истечение жидкости в выходное отверстие из окружающих живых тканей.

Сила корневого давления весной, по манометрическим измерениям, составляет около 1,5 атмосферы, достигая в некоторых случаях у березы иногда до 2,5 атмосферы, что соответствует 25,88 м водяного столба<sup>1</sup> (1 атмосфера = =10,35 м водяного столба). Не нужно представлять себе, что при этом давление производится лишь водой, как в водопроводной трубе, так как здесь давят также и газы, заключающиеся в живых тканях корня и ствола.

Когда деревья стоят обнаженными, то восходящий ток поддерживается преимущественно корневым давлением; при облиственном же состоянии деревьев—главнейшим образом транспирацией листьев, то есть сама транспирация листьев приводит в действие насос, поднимающий воду вверх.

По учению физики, высота поднятия жидкости по капиллярной трубке прямо пропорциональна поверхностному натяжению жидкости в соприкос-

<sup>1</sup> Давление атмосферы (760 мм ртутного столба)—1,0333 кг на 1 см<sup>2</sup>, или 10 333 кг на 1 м<sup>2</sup>. То же давление производит столб воды при сечении 1 кв. фут высотой 33,95 фута, или 10,35 м.



новении с трубкой и обратно пропорциональна диаметру трубки. Теоретически рассуждая, кажется, что нужно лишь иметь капилляр достаточно узкий, и вода по нему может быть поднята на любую высоту. Но тут надо принять во внимание и другой физический закон, а именно: количество воды, поднимающейся по капилляру, обратно пропорционально четвертой степени диаметра капилляра, то есть если один капилляр имеет  $d=1$  мм, а другой—вдвое уже, то есть 0,5 мм, то последний поднимает воды в 16 раз меньше первого. Поэтому, если капилляр так узок, что может поднять воду на любую высоту, то вместе с тем он так узок, что едва лишь иота воды будет проходить через него, и, следовательно, количество поднятой воды окажется ничтожно малым.

Между тем в дереве количество воды, достигающей до его вершины, весьма велико.

По мнению Д и к с о н а (Dixon, «Transpiration and the ascend of sapin plants», London, 1914), в дереве столб воды длиной свыше 10 м не прерывается, не образует вакуума, благодаря тому, что здесь играет огромную роль вязкость воды, или внутреннее сцепление частиц воды.

Вода обладает значительной вязкостью, хотя, конечно, в меньшей степени, чем, например, патока. Молекулы воды сцеплены между собой и притягиваются к насыщенным стенкам так сильно, что они выдерживают напряжение до 200 атмосфер, то есть теоретически нить воды длиной более 1800 м может, не прерываясь, поддерживаться внутренним сцеплением.

Вязкостью воды объясняется непрерывность восходящего тока в самых высоких деревьях.

Восходящий ток движется в полостях сосудов и в трахеидах. Для этой цели у хвойных деревьев имеются только трахеиды, а у лиственных, сверх трахеид, есть система водопроводов—сосудов, идущих от поглощающего корня во все части древесного организма до «жилок» в листовых пластинках включительно.

Раз для поднятия в стволе имеются сосуды, то, казалось бы, дереву нет надобности в услугах трахеид. Но надо принять в соображение следующие осложнения в процессе водоподъема.

В древесине, кроме воды, всегда содержится воздух, который, как доказали опыты Г е н е л я, находится в сильно разреженном состоянии, причем максимальная разреженность его в течение вегетационного периода совпадает со временем энергичной жизнедеятельности растения летом, составляя 0,25—0,20 атмосферного давления.

По имеющимся исследованиям полагают, что пузырьки воздуха не разрывают вполне столба воды в сосуде благодаря тому, во-первых, что поперечные разрезы сосудов не представляют собой правильного круга, а всегда более или менее многогранны, и, во-вторых, эти неправильности еще усиливаются наличием вторичных утолщений на внутренних стенках сосудов. Так как пузырьки воздуха стремятся принять округлую форму, то все неровности в сосуде остаются занятыми водой, и получается непрерывный столб воды с включенными в нем воздушными пузырьками.

Тем не менее водяная нить в сосуде может прерываться воздухом; так как воздушные пузырьки, появляющиеся в древесине из раствора, встречаются довольно часто и особенно в значительном количестве летом, то они могут представлять серьезное препятствие восходящему току.

Если освободившийся из раствора пузырек воздуха появится в сосуде, то, вследствие огромного напряжения, он моментально расширяется и может заполнить весь сосуд, делая его негодным для проведения воды.

То же самое, конечно, может случиться и в трахеиде, но насыщенные водой поперечные стенки трахеид, пронизываемые для воды, непроницаемы для воздуха, и потому образовавшийся пузырек остается заключенным в пределах лишь одной трахеиды, представляя собой, так сказать, безвредный «островок» воздуха в потоке воды.

Многие трахеиды и сосуды таким образом заполняются воздухом, оставаясь негодными для проведения воды, но немало их остается и проводниками воды.

Тем временем в течение вегетационного периода в древесном стволе образуется новый годичный слой древесины, содержащий сосуды и трахеиды, полные воды, то есть готов уже новый механизм для водопроводной работы дерева.

Кроме того, у пород, обладающих сильным корневым давлением (например, у березы), возможно, что весной восходящий ток воды, проходя через сосуды, очищает от воздушных пузырьков как сосуды, так и трахеиды, растворяя в себе этот воздух при своем движении.

Что притягивание с весьма большой силой новой воды снизу, вследствие испарения ее, есть чисто физический процесс, доказано опытами А с к е н а з и. Он брал очень длинную трубку с припаянным к ней воронкообразным отрезком более широкой трубки, который заливался толстым слоем гипса; после застывания гипса трубка наполнялась водой и ставилась вертикально открытым концом в чашку с ртутью. По мере испарения воды с поверхности гипса ртуть в трубке поднималась и в конце концов доходила до 889 мм, т. е. из-за испарения воды ртуть поднималась на (889—760) 129 мм выше нормального атмосферного давления, как будто противореча учению о торичеллиевой пустоте.

Ртуть в трубке поднималась бы и выше при большем совершенстве техники опыта, так как затруднение к дальнейшему поднятию ртути вызывается лишь тем обстоятельством, что наружный воздух частью проникает через гипсовую затычку и обуславливает наверху разрыв колонны водяного столба.

Эти опыты также показывают, какой огромной вязкостью обладает вода, а равно указывают на весьма значительное притяжение частиц воды к гипсу, т. е. имбибиционную силу гипса.

Итак, восходящий ток в дереве, помимо корневого давления, обуславливается испарением воды листьями, огромным внутренним сцеплением частиц воды (вязкостью воды) и имбибиционной силой клеточных оболочек, которые, по отдаче воды воздуху, немедленно же притягивают новую воду из содержимого смежных живых клеток, несмотря на их тургор.

Таким образом, в живом дереве есть сеть живых нитей, тянущихся непрерывно от корневых мочек и до «жилок» в листьях. Сухость атмосферного воздуха, испаряя воду из межклетников листьев, приводит в движение всю эту водную систему. Импульс дает транспирация листьев; непрерывность же и подвижность этой водяной системы поддерживаются вязкостью водяных нитей и поверхностным натяжением воды.

Относительно корневого давления дерева можно заметить следующее:

1) Зона этого давления летом ограничивается лишь областью корневого аппарата; весной же корневое давление охватывает также и более или менее значительную часть комля ствола.

2) Весной в корнях некоторых древесных пород давление бывает больше атмосферного; так, в комле березы, как уже сказано, оно достигает 2,5 атмосферы, или 26 м водяного столба; но у иных пород, например, у сахарного клена, весной в корнях преобладает отрицательное давление.

3) По длине ствола днем давление постепенно уменьшается, причем, по К л а р к у, оно становится сверху меньше, чем внизу, на величину, равную гидростатическому давлению между взятыми на стволе пунктами, т. е. если в комле давление равно 15 м водяного столба, то на высоте 9 м от земли оно составляет всего  $15 - 9 = 6$  м водяного столба.

4) Ночью в стволе дерева отрицательное давление, сопровождающееся наглядно, при подсочке березы и клена, прекращением истечения сока из надрезов. С восходом же солнца оно делается больше атмосферного давления.

5) В кроне дерева давление всегда меньше атмосферного.

Чтобы уяснить себе эти явления, остановимся на содержании воды и газов в древесине ствола.

С весенним оттаиванием почвы корни начинают поглощать воду из почвы еще задолго до распускания почек. Поэтому количество воды в дереве увеличивается. Максимум содержания воды в дереве приходится на время, когда транспирации еще нет, а корни активно поглощают воду.

Количество воды в дереве в это время зависит: 1) от массы корневой системы и 2) скорости поглощения ею воды, которая в свою очередь обуславливается: а) погодой, б) качеством почвы, в) экспозицией места и г) породой дерева.

По исследованиям в Соединенных Штатах Северной Америки над сахарным кленом, максимум воды в оболочке весной бывает до распускания листьев. При этом сильное обогащение водой совпадает с периодом подсочки клена, но максимум этот наступает на неделю позднее окончания подсочки кленового дерева.

Таким образом, наибольшее сокоистечение у клена не совпадает со временем максимума воды в древесном стволе.

Следовательно, истечение сока из раны не находится в прямой связи с количеством воды в дереве.

Что касается содержания газов в древесине ствола, то оно находится в обратном отношении к количеству воды в ней; в период подсочки сахарного клена количество газов составляет в среднем 0,25 всего объема ствола.

Газы и вода заключаются в полостях сосудов и трахеид; вода легко проходит через их стенки, поступая на транспирацию; для газов же эти стенки труднопроницаемы (они могут поступать в полости клеток лишь растворенными в воде). Поэтому с уменьшением воды в сосудах и клетках количество газов в древесине остается почти то же самое.

Давление же этих газов не остается постоянным, а изменяется с температурой, атмосферным давлением и количеством воды в стволовой древесине.

Когда весной в дереве максимум содержания воды, газы в полостях трахеид и сосудах сжаты.

С поднятием температуры воздуха увеличивается давление газов в трахеидах и сосудах древесины.

В течение большей части года давление газов в древесной ткани меньше атмосферного, то есть газы находятся в несколько разреженном состоянии; как уже сказано выше, по исследованиям Генеля, давление газов в ткани может падать до 0,5—0,33, а иногда даже до 0,25—0,20 атмосферного давления.

Этой разреженностью газов вполне объясняется, почему свежесвятая из дерева щепка, по погружении ее в воду, тонет в ней, быстро поглощая воду: древесинное вещество, т. е. вещество, из которого построена древесина, почти в 1,5 раза (1,56) тяжелее воды, независимо от породы дерева.

Колебания в упругости газов, находящихся внутри сосудов и клеток, вызываемые изменением температуры наружного воздуха, должны, по необходимости, обуславливать колебания в давлении сока и изменения в движении сока.

По манометрическим исследованиям над сахарным кленом, произведенным в Соединенных Штатах Северной Америки, давление газов внутри древесного ствола в течение всего вегетационного периода и позднее до зимы отрицательное.

С января же и до начала подсочки клена упругость газа равна атмосферному давлению.

Период сокоистечения у сахарного клена всегда совпадает со временем, когда давление газов в древесном стволе больше атмосферного.

Очевидно, есть одна и та же общая причина обоих этих феноменов, то есть сокоистечения и повышенного давления газов, превосходящего атмосферное.

По-видимому, эта причина лежит в колебаниях температуры атмосферного воздуха ниже и выше 0°.

Зависимость колебаний давления газов в тканях живого дерева от температуры наружного воздуха надо признать не подлежащей сомнению ввиду, между прочим, следующих фактов:

1) С повышением температуры атмосферного воздуха утром давление газов увеличивается; с падением температуры воздуха ночью давление газов падает ниже атмосферного.

2) При установке парных манометров—одного внизу ствола, а другого в вершине, на кленах, произрастающих на западном склоне, так, что утренние лучи солнца освещали сперва вершины деревьев, а затем уже их основания,—оказалось, что положительное давление всегда появлялось сперва на вершине дерева, а затем уж в его основании.

При этих наблюдениях бывали дни, что на голубом небе набегали облака, закрывавшие солнце, и это немедленно сопровождалось падением давления в манометрах; с наступлением же солнечного освещения снова давление в них поднималось.

Но манометрическое давление возрастает с температурой лишь до известного предела; оно быстро поднимается утром с восходом солнца, а затем в течение дня постепенно падает, очевидно, вследствие разрежения газов, обусловливаемого транспирацией воды в древесине ствола и кроны дерева.

Восходящий ток в дереве совершается лишь по наружным, самым молодым слоям оболони. Это, несомненно, является следствием того, что в более внутренних годичных слоях дерева вода, расходясь через сердцевинные лучи на испарение, окончательно замещается воздухом.

Кроме того, нередко уже в двух-трехгодичном слое древесины (например, у белой акации) в сосудах образуются тилли, или выросты, закупоривающие полости сосудов; такая же закупорка сосудов обусловливается и образованием на их стенках кристаллов солей. Таким образом, водопроводящая способность оболони, начиная от периферии, то есть от самого молодого годичного слоя, обладающего максимальной водопроводностью, все более и более уменьшается по направлению к старым годичным слоям.

Независимо от того, на некоторой глубине от коры изменения температуры дерева по радиусу от периферии ствола, несомненно, отстают от температуры наружного воздуха.

Термические исследования внутри дерева хотя и производились в России, а именно в бывшем Костромском имении проф. Л у г и н и н а и в парке Петроградского лесного института проф. Л ю б о с л а в с к и м, но были весьма несовершенны. Для этой цели применялись обычные ртутные термометры, вставленные в проделанные отверстия в стволе, а так как термометры раздавливались вследствие сжатия ствола, то, в предупреждение этого повреждения, термометры помещались нарочито в широкие отверстия в стволе с затыканием свободного промежутка ватой, через которую наружный воздух проходил в полость отверстия, обусловливая неопределенную среду с неизвестными термическими условиями—не то дерева, не то атмосферного воздуха. Между тем для точного определения температуры внутри дерева надо применять электротермометры, состоящие из вставленной в дерево иглы из сплава различных металлов, дающих термические разности, отсчитываемые на электротерморе.

Скорость движения восходящего тока определялась многими исследователями. С а к с с помощью электроскопа и азотнокислого лития, поглощавшегося растением, исчислял ее для травянистых растений 1 м в секунду. С т р а с б у р г е р учитывал ее с помощью раствора краски на срубленных деревьях и срезанных ветвях.

Инженеры Б у ш е р и, Ш у л ь ц и другие тоже определяли скорость красящими веществами на срубленных деревьях, в целях пропитки дерева антисептиками (медным купоросом).

При всех этих исследованиях получились самые разнообразные цифры для скорости тока.

Опыт, наконец, показал, что надрезы на древесных растениях на открытом воздухе совершенно не годятся для определения скорости движения сока, так как в момент надреза наружный воздух врывается в сосуды растения и существенно затрудняет производство опыта.

Вскрытие древесины непременно надо делать под водой, не допуская наружного воздуха до соприкосновения с надрезом.

Делая вскрытия с этой предосторожностью, я с помощью раствора анилиновой краски (метиленблау или эозина), поглощавшегося деревом через надрезы, многократно определял в Петровской лесной даче скорость восходящего тока на деревьях сосновых, березовых, еловых и дубовых различного возраста и в разных условиях их произрастания.

По моим опытам для летних месяцев (июля и августа), при часто повторяющихся грозах, эта скорость определялась в следующих цифрах:

	Возраст (лет)	
	37—38	75—90
	скорость восходящего тока в сутки (м)	
<i>Господствующие деревья</i>		
Сосна . . . . .	2,8—3,2	1,1—1,2
Ель . . . . .	2,1	—
Береза . . . . .	2,5—2,8	0,4
<i>Угнетенные деревья</i>		
Сосна . . . . .	2,1	} т. е. для подачи воды на высоту 32 м от земли нужно 20 суток
Ель . . . . .	1,6	

При отсутствии грозových явлений в природе скорость тока замедляется в 9—10 раз против указанных величин, падая на господствующих соснах 75—90-летнего возраста до 0,14 м, взамен 1,1—1,2 м в сутки.

Для весны и осени, конечно, скорость восходящего тока будет уже иная, но мои данные, по своей спорадичности, недостаточны для сколько-нибудь точного цифрового выражения, по сравнению с летом.

Не остается, вероятно, одинаковой также и скорость этого тока по длине древесного ствола; для решения этой задачи требуются специальные исследования.

Произведенными мной опытами, между прочим, установлено, что:

1) ночью всасывание воды в дереве значительно больше, чем днем;  
2) с поднятием атмосферного давления увеличивается всасывание воды деревом;

3) наличие крупных сосудов в дереве имеет важное значение, так как: а) по этим сосудам скорее поднимается ток; б) крупные сосуды исполняют роль водозапасающих резервуаров, распределяющих воду по смежным тканям и мелким сосудам; поэтому является преобладание в степях древесных пород с крупными сосудами (дуб, ясень, ильмовые, шелковица, белая акация, гледичия, айлант и пр.);

4) грозových явления оказывают огромное влияние на восходящий ток деревьев, в частности у березы, обуславливая внезапное чрезвычайно быстрое и массовое поднятие эозинированной воды в дерево, причем ток в верхней части ствола идет спиралеобразно, внутри толщи ствола, доходя почти до самой сердцевины, а иногда в нижней части березового ствола образует зигзаги по направлению к центру дерева, а также во время грозы происходит у березы и сосны массовое всасывание воды корнями.

Можно, по-видимому, думать, что при нормальных условиях тихого разряда между земным и атмосферным электричеством колебания электрического напряжения (=электродвигательной силе) в оболочках сосудов и трахеид регулируют движение восходящего тока воды, поднимающегося от всасывающих корневых мочек до вершины древесного растения;

5) восходящий ток в древесном стволе никогда не идет по вертикали, а всегда представляет собой спираль, или винтовую линию, причем, по мере поднятия на высоту от земли, эта спираль становится все круче и круче, чему соответствует и наличный косослой ствола.

По моим наблюдениям: 1) на сосне в б. Архангельской губернии эта спираль круче, чем на сосне в б. Московской губернии; 2) на соснах, выращенных в Петровской лесной даче из семян южного происхождения (Киевской, Люблинской губерний, Германии и т. п.), спираль круче, чем у местной московской сосны; 3) с возрастом дерева спираль становится круче; 4) по длине ствола спираль неравномерна, становясь круче по мере приближения к вершине дерева; 5) у двух соседних деревьев одной и той же породы (сосны) и одинакового возраста направление спирали может быть противоположное; у одного дерева—спираль снизу вверх идет по солнцу (т. е. по часовой стрелке), а у другого—против солнца (т. е. против часовой стрелки); 6) большей частью спираль снизу вверх идет по часовой стрелке, например у разных видов сосны и ели, а также у дуба; у туи и других родственных ей пород она идет против часовой стрелки; 7) иногда в одном и том же дереве с его возрастом спираль принимает обратное направление по отношению к первоначальному, т. е. ряд лет она шла по солнцу, а затем стала ходить против солнца; 8) молния всегда ударяет в дерево по той самой спирали, какую имеет древесный ствол, притом с математической точностью.

Причина винтового направления восходящего тока дерева представляется пока загадочной. По-видимому, это направление связано с электромагнитными волнами, а может быть оно есть производное электромагнетизма—тихого разряда электричества земного и атмосферного через посредство деревьев—разряда, сопровождающегося поднятием по стволу отрицательно заряженной воды из почвы.

Важно бы изучить степень крутизны этой спирали у разных пород в различных широтах.

Разницы давления газов в древесине по длине ствола весной, вероятно, обуславливаются и наблюдаемые в различные годы фенологические особенности распускания почек на деревьях, выражающиеся в том, что почки распускаются, то начиная с макушки и спускаясь вниз по кроне, то, наоборот, сперва в нижней части кроны, а затем уже и в верхней<sup>1</sup>.

С весенним оттаиванием почвы, еще задолго до распускания почек, корни начинают поглощать из почвы воду, поступающую в ствол, благодаря чему количество воды в оболони дерева увеличивается.

Когда раннее весеннее солнце хорошо прогревает вершину дерева, а также ветки и сучья нижней половины кроны, и от этого нагрева последует расширение газов в тканях, тогда давление в верхней части ствола значительно поднимается, превышая давление в комле дерева.

В этом случае плач у березы начинается раньше всего в вершине дерева, а затем уже переходит вниз ствола; поэтому у срубленной в это время березы плач бывает не с пня, а из торца ствола. Видимо, в этом случае повышенным давлением в вершине дерева вызывается, при срубке или подсочке ствола, нисходящий ток сока в дереве.

При таких условиях погоды, разумеется, распускание почек на деревьях прежде всего начинается в верхней части кроны, а затем уж в нижней. При

<sup>1</sup> С этими особенностями связана народная пословица о времени посева яровых: если у березы листья распустились преимущественно в самом верху дерева, то хлеб надо сеять рано.

почных заморозках, вследствие лучеиспускания кроны, наступает сжатие газов в вершине дерева и падает давление их, благодаря чему ночью активно идет восходящий ток в дереве.

Если же весной, при окончании снеготаяния, преобладает пасмурная и холодная погода (как было, например, в 1912 и 1923 гг.), давление газов в верхней части кроны ниже, чем у основания ствола, и, следовательно, в деревьях преобладает восходящий ток, причем поднимающаяся вверх по стволу вода постепенно нагревается; при таких условиях результатом является то, что распускание почек на деревьях начинается сперва в нижней части кроны, а затем уже на вершине дерева.

В рассматриваемом фелологическом явлении, несомненно, имеет значение также то или иное количество воды, запасенное деревьями предшествовавшей осенью.

При дождливой осени кроны деревьев еще до зимы набираются досыта воды, и к весне почки на макушках деревьев ждут лишь солнечного пригрева, чтобы распуститься.

При сухой же осени кроны деревьев (как, например, было в 1920 и 1924 гг.) к весне бедны водой и им необходимо предварительно пополнить недостачу влаги восходящим током.

Кстати отметить, что главный вред, причиняемый древоточцами, короедами и другими вредными насекомыми, состоит в открытии ими доступа наружного воздуха внутрь ствола, нарушающего нормальное сокодвижение.

Третья функция ствола—распределение органического, пластического вещества в дереве.

Весной новые листья и побеги строятся из почек, за счет материалов, выработанных в предшествовавшем году.

Корни сами по себе не вырабатывают органические вещества; ствол тоже; камбий нуждается в постоянном притоке пластического вещества для производства древесины, луба и коры.

На все надобности образовательный материал добывается листвой, которая представляется в дереве единственной фабрикой органических веществ.

От вершины дерева и до самой нижней корневой мочки проходит в дереве, в лубяном его слое, система ситовидных сосудов, специально предназначенных для препровождения образовательного материала или в места, где он необходим для постройки, или в складочные места для хранения про запас на будущее время.

Древесные растения никогда не тратят всего выработанного за лето органического вещества на свои текущие надобности; значительную часть они откладывают в виде зимнего запаса на будущее время.

Отложение этого запаса начинается нередко очень рано; так, у клена—с мая; у дуба оно начинается в июле, у сосны—в сентябре. Заканчивается это отложение поздней осенью; у сосны, например, в середине октября.

Отложение зимних запасов происходит прежде всего в молодых ветвях, затем постепенно идет вниз по стволу и оканчивается, наконец, в корнях.

Запасы эти откладываются главнейшим образом в сердцевинных лучах, частью же в смежных с ними клетках паренхимы и в древесных волокнах, притом исключительно лишь в оболочной части ствола. Сперва запасы наполняются самые наружные слои оболочки, а затем отложение их идет от периферии вглубь.

Зимние запасы состоят преимущественно из крахмала и масла, а отчасти из протеиновых веществ.

Двигательные силы, управляющие нисходящим током, пока неизвестны; долгое время указывавшаяся диффузия, как причина, по своей чрезвычай-

ной медленности совершенно не может перемещать быстро тех больших количеств пластического вещества, которые транспортируются из листьев за одну ночь. Вероятно, в этом процессе, как и в восходящем токе, имеют серьезное значение, в качестве двигательной силы, электрические токи.

По-видимому, живой шлем древесного ствола, одевающий мертвую его толщу, подобен лейденской банке: по наружному, коровому покрову его проходят электрические токи сверху вниз, а по внутреннему покрову, состоящему из элементов оболонной древесины, поднимаются электрические токи из почвы вверх; перепонкой между ними служит студенистый камбиальный слой, через который, однако, наружный ток имеет контакт с внутренним при помощи сердцевинных лучей.

При сильных разрядах атмосферы и земного электричества, происходящих при грозовых явлениях, атмосферное электричество, спускаясь по лубяному слою, индуктивно вызывает и электрические токи снизу вверх по оболони.





## VII. СТВОЛ ДЕРЕВА



ормальная форма, качество и развитие древесного ствола заслуживают серьезного нашего внимания.

Характерная особенность дерева по сравнению с кустарником заключается в свойстве его развивать один стебель или ствол, который лишь на более или менее значительной высоте от земли дает разветвления, образуя крону.

Длина и прямизна ствола зависят от многих факторов:

1) Породы—у большинства лиственных пород выражена тенденция к разветвлению ствола; примером служит дуб, береза, клен, липа, каштан и т. д. Хвойные и некоторые лиственные породы (осина, ольха, бук) отличаются противоположной чертой.

2) Условий местопроизрастания—качества почвы, климата и т. д. Резким примером могут служить болотные сосны, стланец кедровый на рах, карликовая полярная растительность.

3) Густоты дерева и роста (Standraum).

4) Возраста дерева, так как размер предоставляемого дереву места в сообществе уменьшается со временем, по мере развития организма.

Дерево особняк и в насаждении представляет собой различные существа. В насаждении вся жизненная энергия дерева, вследствие борьбы за свет, направлена на рост в высоту. Этот импульс более сильно выражен у пород светолюбивых.

Густота древостоя—могучее средство к достижению желаемой формы и размера ствола. Скоцентрированность кроны с листвой на самой вершине ствола, получающаяся в полном насаждении, обеспечивает ассимиляцию и дает прямой, длинный, чистый от сучьев и притом наиболее полнодревесный ствол.

Поясним, что прямизна ствола отвечает то условие, когда сердцевина и ось его представляют прямую линию. Когда шнур, натянутый по длине ствола по какой-либо из его сторон, не вполне соприкасается с его поверхностью, то ствол считается кривым, и чем более ствол уклоняется от прямой линии, тем ниже его техническая пригодность.

Касательно возраста дерева надо заметить, что в ранней стадии своего развития деревья всех пород семенного происхождения, произрастая в сомкнутом насаждении, отличаются сильным ростом в высоту и имеют крону узкую и вытянутую.

По окончании периода энергичного роста в высоту, наступающего для сосны в средней части СССР в 28—30-летнем возрасте, начинается разветвление

ше ствола, и тогда же выступают на сцену биологические свойства данной породы: у одних пород крона еще долгое время продолжает быть островытянутой (лиственница, пихта, ель и сосна), у других (береза) она становится овальной, а у иных же (дуб, липа, вяз, платан) крона делается все более и более ширококораскидистой, так как боковые ветви растут в длину энергичнее, чем вершина дерева.

Что касается формы поперечного сечения ствола, то чем она ближе подходит к кругу, в центре которого расположена сердцевина, тем ствол в техническом отношении ценнее.

Деревья с эксцентриситетом для многих надобностей малопригодны, и эта особенность при сильном проявлении ее признается пороком дерева. Эксцентричность древесного ствола обуславливается влиянием действия ветра, о чем подробно будет сказано ниже.

Остановимся теперь на качестве ствола, выражающемся наличием оболонной и ядровой древесины.

## ЯДРО И ОБОЛОНЬ

Внешняя часть древесного ствола, состоящая из более молодых годовых наслоений, всегда отличается от внутренней, более старой части, большим содержанием воды.

Сверх того, у многих древесных пород внутренняя часть ствола резко выделяется от периферической большим удельным весом древесины и своей окраской, благодаря содержанию красящих, дубильных и других веществ.

Внешняя светлая часть ствола называется оболонью, или заболонью, а остальная, центральная часть составляет ядро, или матерую древесину.

К породам, имеющим ядро, принадлежат все породы светлюбивые: дуб, каштан съедобный, ясень, ильмы, тополи, платан, яблоня, шелковица, белая акация, гледичия, сосна, лиственница и т. д., за исключением тисса, хотя породы и ядровой, но отличающейся чрезвычайной теневыносливостью, а также светлюбивой березы и осины, лишенных ядра.

К безъядровым относятся породы теневыносливые: липа, граб, клен, конский каштан, самшит, ель и пихта; у этих пород бедная водой центральная часть ствола, хотя и не окрашенная, называется «спелой древесиной»; у старых буков, елей и пихт она нередко образует патологическое, ложное ядро, являющееся следствием болезненных процессов, как-то разложения древесины, обуславливающего загнивание ствола и, в конце концов, дуплистость его.

Оболонь в живом дереве выполняет три функции: во-первых, она служит проводником воды с растворенными минеральными солями и пластическими веществами из корней к листьям; во-вторых, является водным резервуаром, сберегающим воду на случай нужды, и, в-третьих, магазином для хранения про запас пластических веществ, выработанных листьями; эти вещества откладываются и хранятся в сердцевинных лучах, состоящих из живых, вытянутых в радиальном направлении паренхиматических клеток, в виде тканевых пластинок, которые достигают в периферии ствола до живых элементов коры и таким путем находятся в контакте с листьями, вырабатывающими органические вещества. Взятый отдельно сердцевинный луч своей формой отчасти напоминает рыбу.

Роль водного резервуара в дереве играет большая часть оболони. Проводником же воды является лишь одно последнее или несколько последних годовых наслоений. Только в тех случаях, когда подача воды по наружному слою оболони почему-либо затруднена, вода проводится и по внутренним слоям оболони.

У ядровых древесных пород, имеющих из-за наличия ядра сравнительно ограниченный водопроводный путь, весной, еще до распускания почек, первым делом образуется по длине ствола слой древесины, обильный

сосудами (у многих пород—притом крупными), который и служит затем проводником воды для транспирации листьев.

У безъядровых же, у которых вся толща древесины в стволе, до самой сердцевины, остается оболочной и, следовательно, может сохранить свою водопроводность, вероятно, более широкий слой наружной оболочки служит постоянным проводником воды, и поэтому у этих пород нет никакой необходимости в образовании весной слоя с многочисленными и крупными сосудами.

Поэтому, вероятно, можно отметить одно общее положение: у безъядровых пород (бук, граб, липа и др.) значительная часть толщи ствола может служить водопроводником, и у них не имеется нужды в крупных сосудах. Вероятно, поэтому у большинства тех пород некрупинопористых (т. е. лиственных крупных сосудов) мелкие сосуды распределены равномерно по годичному слою и не имеется ядра (бук, граб, липа и др.).

Из 23 пород, обладающих равномерным распределением мелких сосудов, ядро имеют лишь: яблони, ивы и тополи (кроме осины). Но все эти три породы, составляющие исключение из общего положения, характеризуются следующими чертами:

1) очень широкой оболочью;

2) ивы и тополи в течение всего лета образуют новые побеги с листьями (так называемые ивановские побеги).

Образование ядра из оболочки происходит в дереве в зависимости от возраста и части дерева, величины кроны, почвы и других факторов, которые до сих пор еще мало изучены. Мы не знаем, например, зависит ли ширина оболочки от размера транспирации дерева, а также зависит ли она от величины прироста древесины в дереве.

Ядро образуется из оболочки в довольно позднем возрасте дерева, так у сосны в 30—35-летнем; затем превращение оболочки в ядро совершается по мере отложения новых годичных слоев древесины на стволе, но притом нет параллелизма между обоими явлениями. Надо заметить, что граница между оболочью и ядром как на различных высотах ствола, так и на одном и том же поперечном сечении не совпадает с определенным годичным слоем; даже на разных сторонах одного и того же разреза оболочка нередко имеет прихотливый внутренний контур, захватывая различное число годичных слоев, почему и ширина оболочки в разных местах сечения подвержена некоторым колебаниям.

У сосны и лиственницы контур ядра представляет собой округлость с лучистыми звездочками, в числе 5—6 и 7, а у дуба и у других ядровых лиственных пород эта округлость ядра имеет 1—2 выступа. Наличие оболочки находится в зависимости от развития кроны дерева. Возраст живой кроны обуславливает число слоев оболочки.

С отмиранием нижних сучьев на стволе ядровой породы соответствующий внутренний слой оболочки, участвовавший в водоснабжении этих сучьев, переходит в ядровую древесину, которая и перестает доставлять воду.

Если в мутовке ядрового хвойного дерева лишь один сук остается живой, а остальные отмерли, то и в соответственном слое оболочки большая часть последней переходит в ядро, а незначительный участок ее остается оболочным; отсюда проистекает неравномерность числа слоев в оболочке в разных местах сечения и неправильность контура ядра; последняя усложняется еще и косослойностью древесного ствола.

Вышеупомянутая лучистость ядра хвойного дерева представляет собой своеобразную проекцию отмирающей верхней мутовки соснового или лиственничного дерева, а у дуба или светолюбивой породы 1—2 выступа округлого ядра выявляют собой 1—2 умирающих сука на стволе.

Такой неправильности не должно бы быть при обрезке всех сучьев, имеющихся в мутовке.

Если внутри древесного ствола перерезать, как это мы делаем при ссилке наружных сучьев, сосуды, проводящие воды в данный сук, то послед-

ний должен засохнуть,—было бы любопытно проверить это опытным путем. Или, если внутри ствола, в какой-нибудь части его оболочки разовьется гниль, то есть тоже прекратится водоснабжение, то сук, снабжавший водой из пораженной водоносной системы, должен отмереть.

Поэтому отмирающие среди зеленой кроны большие суки, если в них нет признаков какого-либо местного повреждения (грибного или других причин), указывают, что внутри ствола, в части оболонного кольца, по которой доставляется суку вода, происходит где-то (вверху, в середине или внизу ствола) загнивание древесины.

Так как у ядровой породы внутри живой кроны, в нижней ее части, всегда есть ветви, отмершие от недостатка света, то естественно, что и соответствующая этим ветвям часть оболонного кольца должна переходить в ядровую древесину. Этим объясняется и то явление, что ядровая древесина в стволе поднимается и в пределах живой кроны, а также и тот факт, что ядро образуется в дереве в довольно позднем возрасте, когда ствол уже очистится от сучьев на известную высоту от земли.

С отмиранием нижних боковых ветвей у первичных, толстых сучьев, в них образуется ядро. Одновременно с переходом оболочки в ядро у этих сучьев, совершается такой же переход и оболочки в стволе, именно той части оболочки, по которой шла в эти сучья водопроводная система.

Благодаря этому процессу стволовое ядро образуется и в пределах кроны дерева. Число лет в оболони на стволе у места прикрепления кроны не может поэтому превышать возраста живой кроны, а всегда бывает меньше величины этого возраста.

Для иллюстрации приведем данные для двух проанализированных сосен, 75-летнего возраста, срубленных в 1899 г. в участке а 14-го кв. (на пробе «А»), в Академической даче; у одной из них была крона низконасаженная, а у другой—высоконасаженная:

Порода	Диаметр на высоте груди (см)	Общая высота (м)	Возраст живой кроны (лет)	Высота до кроны (м)	Длина кроны (%)	Число слоев оболочки на высоте прикрепления кроны	Ядро, достигшее высоты (м)
Сосна с низконасаженной кроной . . . . .	25,1	28,3	45	10,8	61,8	20	23
Сосна с высоконасаженной кроной . . . . .	24,7	26,5	11	24,6	7,2	9	24

Итак, образование ядра связано с жизнедеятельностью кроны и возникает по мере отмирания ветвей в кроне; чем сильнее происходит это отмирание сучьев на стволе ядрового дерева, тем энергичнее и полнее идет образование ядровой древесины.

Вероятно, поэтому при произрастании дерева особняком у пород теневыносливых (ель, пихта и др.), у которых живые ветви могут держаться до самой нижней части ствола, нет разделения стволовой древесины на оболонь и ядро.

Превращение оболочки в ядро сопровождается: 1) отмиранием соответственной части сердцевинных лучей, как хранилищ запасных веществ (в них исчезает крахмал), и 2) прекращением водоснабжения в ближайших сосудах (или в трахеидах хвойных), а также 3) связано с изменением свойств древесины, направленным к консервированию, предохранению дерева от загнивания:

- 1) Ядровая древесина приобретает больший удельный вес, чем оболонь.
- 2) Она становится трудно проницаемой для воздуха и мало проницаемой для воды.

з) В сосудах оболонной древесины, при превращении ее в ядро, образуются так называемые тиллы, то есть пузыревидные выросты из смежных паренхимных клеток, внедряющиеся в сосуды через окаймленные поры, наполняя собой всю полость сосудов (или трахеид у хвойных) и тем самым закупоривая эти последние совершенно. В ядровой древесине хвойных пород, снабженных смоляными ходами, эти смоляные ходы также закупориваются тиллами.

Образование тилл составляет нормальный процесс, начинающийся нередко уже с раннего возраста; так, у белой акации, сосуды снабженные окаймленными порами, начинают выполняться тиллами уже во втором годичном слое осенью, вслед за отложением нового годичного слоя; то же самое наблюдается в молодых сосудах у дуба.

4) У многих древесных видов из сем. бобовых и цизальпиниевых сосуды наполняются камедью; сюда относятся белая акация, желтая акация, ракитник, дрок, софора, гледичия, гимнокладос и др.

5) У весьма многих пород в стенках клеток и в полостях сосудов оболонной древесины, при ее превращении в ядровую, отлагается углекислая известь (аналогично процессу артериосклероза у животных); сюда принадлежат ильм, вяз, бук, дуб, ясень, белая акация, липа, рябина и др.; этим объясняется у названных пород как богатство известью золы ядра по сравнению с оболонью, так и вообще огромное содержание в золе древесины извести, на которую приходится около 66% всей золы; так, у липы и рябины—76%, у дуба—78%, у ильма—77,3%, у осины—66,5%, у ясени—62,1%, у бука—60,3%, у белой акации—58,3%.

6) У всех ядровых пород при этом превращении древесины, отлагаются в ней дубильные и красящие вещества. Окраска ядра дуба, по-видимому, обуславливается окислением дубильных веществ в древесине, в конечном результате какового процесса является нерастворимое вещество желто-бурого цвета. У сосны окраска ядра также зависит от процесса окисления, подтверждением чего служит усиление этой окраски при действии воздуха на хранящемся сосновом материале.

По наблюдениям Р. Г а р т и г а над лиственницей и тиссом, начало превращения годичного слоя в ядро обнаруживается красноватой окраской содержимого сердцевинных лучей; на границе оболони, начиная с этой границы, окраска распространяется и на стенки смежных трахеид, причем на внутренних стенках последних появляются красноватые капельки, по-видимому, того же самого вещества, которому обязаны своей окраской также и клетки сердцевинных лучей. Отсюда возникает предположение, что источником веществ, пропитывающих ядро при его образовании, являются живые элементы древесины, а именно клетки сердцевинных лучей и древесной паренхимы.

Но так как живые клетки сердцевинных лучей и древесной паренхимы, через посредство живых элементов коры, сообщаются с листьями, то несомненно, что пропитывающие ядро вещества поступают из листьев, как то предполагал Г а р т и г в отношении дуба. К этому заключению приводит также и кажущаяся с первого взгляда странной, непонятной связь, существующая между светолюбием деревьев и наличием в них ядра; между тем на построение сложных молекул красящих и дубильных веществ требуется большая затрата солнечной энергии, вполне доступная листьям светолюбивых пород, откуда выработанные вещества и передаются нисходящим током к сердцевинным лучам оболони древесного ствола.

7) Наконец, почти у всех хвойных (сосна, лиственница и др.) при образовании ядровой древесины межклеточные полости заполняются смолой.

Вследствие закупорки сосудов и полостей клеток камедью, минеральными солями, смолой и благодаря образованию тиллей и пропитыванию древесины красящими, дубильными и другими антисептическими веществами, а также ограниченному содержанию влаги, в результате и является

слабая проницаемость ядровой древесины для воды и воздуха и повышенный удельный вес ее.

Вместе с тем ядровая древесина по сравнению с оболонной приобретает ценные механические свойства, в частности крепость и прочность, характеризующие многие ядровые древесные породы.

Весьма полезная роль ядра в жизни древесного растения вполне понятна; эта мертвая часть организма исполняет чисто механическую задачу поддержания живой кроны дерева. Для выполнения этой функции ядро обладает повышенной крепостью на сжатие и изгиб, а благодаря пропитке его антисептиками оно имеет и большую прочность. Вместе с тем ядровая древесина предохраняет растение как живой организм от паразитных грибов, патогенных бактерий и вредных насекомых, деятельность которых легко распространяется на живые элементы растения.

Оболонь по своим механическим свойствам значительно уступает ядру; так, она легко подвергается гниению и червоточине; поэтому у многих пород, как дуб, каштан, сосна, лиственница, ядровая древесина которых обладает высокими техническими качествами, оболонь, как малопригодная часть, нередко при разработке леса совершенно отделяется от выделяемого материала, как отброс.

Поэтому же, например, сосна тонкооболонная, или кондовая (и «стриженая» в Приднепровье), считается лучшей и ценится дороже широкооболонной, или мяндовой (и «буяковой» в Приднепровье), так как она крепче и прочнее последней. Равным образом, на приготовление красильных экстрактов (кампешевый экстракт из дерева *Haematoxylon campechianum*, красный сандал, или фернамбук, «желтый экстракт Куба» и т. д.) идет только ядровая древесина, а оболонь также составляет отброс.

Впрочем, в некоторых производствах, благодаря большой эластичности и гибкости оболонной древесины, последняя весьма ценна; так, на выделку саннных полозьев и колесных ободьев и других гнутых изделий требуются сравнительно молодые деревья (дуб, ясень и ильмовые), состоящие исключительно из одной лишь оболонной древесины.

Ширина оболочки неодинакова по длине ствола: максимальная ее величина в корнях; начиная от основания дерева она уменьшается кверху, приблизительно до половины высоты внекронного ствола (у сосны 8—9 м), причем в пределах кроны это увеличение идет быстро, так что в общем ядро дерева имеет веретенообразную форму.

Однако площадь сечения оболочки равномерно уменьшается от основания к вершине дерева.

Почему на некоторой высоте ствола (у сосны 8—9 м) находится минимум ширины и процентного содержания оболочки? По мнению некоторых, это указывает, что отмирание сучьев на стволе и, следовательно, переход оболочки в ядро происходит в дереве не постепенно, с течением его жизни, а что в известный период времени в жизни дерева процесс отмирания идет особенно энергично (в полном насаждении в период кульминационного роста его в высоту), причем в верхней части ствола годовичные слои древесины откладываются гораздо более широкие, чем в нижней части ствола, увеличивая полноревность ствола.

По моим исследованиям на соснах (20 экз.) 73—78-летнего возраста, срубленных в 14-м кв. Петровской лесной дачи, минимум оболочки приходится на весьма различных высотах от земли (от 7—8 до 12—13 м), соответствующих возрастам дерева от 23—46 лет, между тем как кульминация роста в высоту господствующих сосен в насаждении приходится в возрасте 27—30 лет, то есть в сравнительно узких возрастных пределах, и в явлении отмирания сучьев не наблюдается момента особенно энергичного проявления этого процесса.

По-видимому, этот минимум оболочки отграничивает собой две области древесного ствола, в котором действуют две различные двигательные силы,

управляющие восходящим током в дереве: нижняя область, в которой доминирует нагнетание воды от корневого давления, и верхняя, где действует всасывание воды от транспирационного процесса, о чем подробно будет сказано ниже. Ввиду изменчивости в каждом дереве преобладания одной из двух сил также варьирует в широких пределах соответственно и высота минимума оболочки над землей. Но это предположение требует экспериментального подтверждения.

Р. Гартигом были исследованы две сосны, 147-летнего возраста, у которых на различных сечениях по длине ствола оказались следующая ширина оболочки и число годовичных слоев<sup>1</sup>:

Высота от земли (м)	Сосна I, d—66 см		Сосна II, d—53 см	
	число слоев в оболони	ширина оболочки (см)	число слоев в оболони	ширина оболочки (см)
1,3	72	9,45	63	7,6
5,9	67	7,45	60	7,2
11,1	55	5,75	60	7,2
16,3	50	5,25	—	—
21,5	44	4,60	50	7,6
26,7	30	2,53	37	5,6
Среднее	53	5,9	54	7,0

Как видно, ширина оболочки у сосны от основания к вершине равномерно уменьшается; число слоев оболочки тоже уменьшается кверху.

Такие же исследования Гартигом были произведены на четырех сечениях по длине ствола дуба 97-летнего возраста, из Спессарта, при четырех классах толщины, давшие такие результаты:

Высота от земли (м)	I класс, d—25,6 см		II класс, d—23,0 см		III класс, d—21,2 см		IV класс, d—14,8 см	
	число слоев в оболони	ширина оболочки (см)	число слоев в оболони	ширина оболочки (см)	число слоев в оболони	ширина оболочки (см)	число слоев в оболони	ширина оболочки (см)
1,5	10	1,4	15	1,6	19	1,0	22	1,1
5,7	11	1,3	15	1,4	20	0,9	24	1,3
10,9	11	1,5	16	1,7	18	1,1	19	1,2
16,1	9	1,6	14	2,4	22	1,9	25	2,7
Среднее	10	1,4	15	1,5	20	1,2	22	1,6

Как видно, ширина оболочки на дубах I, II и III классов меньше, чем на тонкомерных дубах (IV кл.); число слоев оболочки на толстых дубах (I и II кл.) меньше (10 и 15), чем на тонких дубах (III и IV кл.) (20 и 22 м), колеблясь в общем на грудном сечении в дубовом насаждении 97-летнего возраста от 10—15 до 20—22 слоев. Колебания, ширина и число лет оболочки по длине ствола не представляют правильности.

По моим исследованиям на 20 соснах 73—78-летнего возраста, срубленных в 14-м кв. Петровской дачи, на грудном сечении деревьев ширина оболочки

<sup>1</sup> A l l g e m. Forst. u. Jagdzeit. 1889, стр. 405.

варьирует от 3,6 до 6,9 см, а процентное содержание оболонного кольца по отношению к общей площади сечений ствола изменяется от 56,5 до 84,5%, причем нельзя усмотреть какой-либо зависимости ни от размеров и положения дерева в сообществе, ни от высоты насадки и процента длины кроны и других внешних признаков; видимо, эта изменчивость определяется внутренними, физиологическими причинами, в частности приходо-расходным водным балансом (транспирация и поступление воды в дерево).

Процентное же содержание оболонного кольца по длине ствола подлжит закономерности: сперва оно уменьшается до высоты 12—15 м, а затем сильно возрастает в пределах кроны.

Как общее правило, ширина оболони увеличивается с возрастом дерева, что и понятно, ввиду функции оболони как проводника воды, который, разумеется, должен передавать из почвы к листьям большую массу воды с увеличивающимися размерами кроны дерева.

Далее, ширина оболони данной породы колеблется в значительных пределах в зависимости от условий среды. Но этот вопрос почти совершенно не затронут изучением ни относительно климата, ни в отношении качества почвы. Можно лишь сказать, что на суглинке оболонь у сосны шире, чем на песке.

При рассмотрении этого вопроса нельзя упускать из виду глубину залегания грунтовой воды; при постоянной доступности этой воды для деревьев и при защищенности местоположения от сильных сухих ветров и, следовательно, от повышенной транспирации узкая оболонь как проводник воды вполне отвечает водной потребности дерева. И действительно, в Приднепровье тонкооболонная сосна произрастает на низинах с песчаной почвой, а широкооболонная, или мяндовая, по-местному буйковая—на возвышенных местах.

Что касается числа годичных слоев оболони, то оно по длине ствола уменьшается от комля к вершине дерева; так, у 80-летней сосны, выросшей на подмосковном суглинке, в комле дерева оболонь заключает в себе 45—50 годичных слоев, на 10 м—32—33 слоя и на 20 м—17—22 слоя, то есть годичные слои, отложившиеся в дереве последние 20—25 лет, в комле входят в состав оболони, а в верхней части ствола они давно уже превратились в ядровую древесину.

По моим исследованиям над развитием оболони по длине ствола на 20 экземплярах сосен в 75—80-летнем возрасте в Петровской лесной даче, максимальное колебание числа слоев оболони составляет на 2—3-метровой высоте от земли целое десятилетие, а именно от 36 до 46 лет.

Минимальное же колебание числа слоев оболони приходится на высоте 12 м от земли, составляя всего лишь два года, а именно от 29 до 31 слоя. Ниже этой высоты на протяжении трех метров разница эта составляет три-четыре года в пределах 33—36 лет.

На высоте же от 9 до 19 м разница в числе лет оболони составляет в общем три-четыре года.

Затем надо отметить, что с увеличением возраста дерева увеличивается также и число годичных слоев в оболони; например, в 280-летней сосне, выросшей под Москвой на суглинке, в оболони заключается близ комля до 110 годичных слоев, тогда как в 100-летней сосне их бывает лишь около 60 слоев.

Как будто, для превращения оболонной древесины в ядровую в нижней части ствола недостает пропитывающих веществ. Мыслимое объяснение этого явления такое: по мере своего опускания нисходящий ток распределяется на все бóльшую и бóльшую поверхность ствола, причем пигменты и дубильные вещества на пути перехватываются вверху, и потому является их недостача внизу ствола.

Но вполне верусливо и более правдоподобное объяснение как этого явления, так и веретенообразной формы ядра, при которой ширина оболони



становится минимальной около половины высоты внекронного ствола (у сосны 8—9 м), а именно объяснение, связанное с условиями водоподъемной работы ствола. Как уже сказано, оболонь служит проводником воды с растворенными минеральными солями и пластическими веществами из корней к листьям. В древесном растении, как будет подробно изложено, есть два двигателя, обуславливающих поднятие этой воды в стволе: один—в корнях—осмотическое давление корня, или корневое давление, нагнетающее воду из почвы в комлевой части ствола; другой же—в кроне—транспирация листьев, которая втягивает, всасывает воду, с поднятием ее вверх по стволу к листьям.

Вследствие двустороннего действия водоподъемной работы оболонь распадается на две области: в комлевой части ствола—сфера нагнетания воды путем осмотического давления корня, а в верхней части ствола—сфера всасывания воды путем транспирации листовой поверхности. Обе сферы должны между собой соприкасаться, и, по-видимому, раздельной границей их и служит самая узкая часть оболони.

Поэтому в комлевой части дерева, в области нагнетания, должен быть весьма большой запас воды, как водный резервуар, водохранилище, для всасывания этой влаги путем транспирационным. И эта задача водохранилища несовместима с наличием ядра, и вследствие этого в комле ядро сходит на нет.

По вопросу об образовании ядра у сосны нельзя не остановиться на работе таксатора Е. Б. А л е к с е е в а в Беловежской пуще, произведенной в 1914 г. по учету и измерению оболони у 1561 сосны на пневом срезе (см. «Известия Лесного отдела Киевского об-ва сел. хозяйства и сел. хоз. промысл.». 1916 г. II год издания, вып. 2).

По этому исследованию, число годовых слоев оболони у сосны не находится в зависимости ни от бонитета или типа насаждений, ни от грудного диаметра дерева, а зависит исключительно от возраста сосны. В среднем, по данным 1354 пней у суходольной сосны при 40-летних классах возраста, а для старших двух при 80-летних, число слоев оболони составляет:

41—80 лет	81—120 лет	121—160 лет	161—240 лет	241—320 лет
36	52	67	65	85

у сосны на мокрой почве это число меньше, чем у суходольной, определяясь так:

—	42	58	63	—
---	----	----	----	---

Увеличение числа годовых слоев оболони с возрастом суходольной сосны идет сначала быстро, а затем становится все медленнее: за первые 120 лет жизни дерева оно доходит до 52, а за следующий такой же 120-летний срок прибавляется к оболони только 23 слоя, а далее прибавка идет еще медленнее, а именно за следующие 80 лет жизни прибавляется в оболони всего лишь 10 слоев. Очевидно, жизненные потребности сосны задерживают обращение оболони в чисто механические элементы ядра, когда наружные годовичные слои, с увеличением возраста, откладываются все уже и уже и не способны по объему заменить более широкие внутренние слои оболони, стоящие на очереди к превращению в ядро.

Ширина же оболони в комлевом срезе зависит от толщины дерева, его возраста и бонитета, причем с увеличением грудного диаметра в данном классе возраста она возрастает.

Двойная ширина оболони по бонитетам и классам возраста в среднем составляет (см):

	Возраст (лет)				
	41—80	81—120	121—160	161—240	241—320
I бонитет (свежая суборь)	17,6	18,1	15,9	14,2	—
II бонитет (свежий бор и влажная суборь)	14,8	15,9	18,0	19,4	10,5
III бонитет (влажный бор и сырой бор)	16,0	16,1	15,6	11,7	—
IV бонитет (хв.—листв. мох болото)	—	10,7	8,9	7,6	—
V бонитет (мох, болотно-зелено-мошн.)	—	10,9	8,3	6,7	—

С увеличением возраста сосны различие в ширине оболони постепенно уменьшается.

По мере увеличения возраста сосны, в двух смежных ступенях толщины средняя разность между шириной оболони у суходольной сосны выражается следующими цифрами (см):

Бонитет	Возраст (лет)				
	41—80	81—120	121—160	161—240	241—320
I	2,9	1,5	1,3	0,04	—
II	2,9	1,3	1,0	0,6	0,00
III	2,5	1,4	0,6	0,2	—
Среднее . . . . .	2,8	1,4	1,0	0,3	0,00

Следовательно, тогда как у 60-летних сосен разница в ширине оболони деревьев, отличающихся на высоте груди на 4,4 см толщины, составляет 2,76 см, у сосен уже около 200-летнего возраста эта разница всего лишь 0,27 см, то есть приближается к 0. При одном и том же классе возраста и бонитета, в пределах 200-летнего возраста, более толстые сосны имеют и более широкую оболонь, причем по мере увеличения возраста различие в ширине оболони постепенно уменьшается, и у деревьев в 160 лет оно ничтожно мало, начиная же от 200-летнего возраста ширина оболони остается почти постоянной.

Что касается процента площади ядра от всей площади торца, то, по данным 667 деревьев, толщина сосны в пределах класса возраста не влияет на этот процент, но он возрастает с увеличением возраста, как то видно из прилагаемой таблицы:

Бонитет	41—80 лет		81—120 лет		121—160 лет		161—240 лет		241—320 лет	
	Средний возраст сосны	Площадь ядра (%)	Средний возраст сосны	Площадь ядра (%)	Средний возраст сосны	Площадь ядра (%)	Средний возраст сосны	Площадь ядра (%)	Средний возраст сосны	Площадь ядра (%)
I	64	15	101	33	138	45	207	60	—	—
II	56	14	96	27	135	41	172	48	263	70
III	64	15	93	28	129	37	219	57	—	—
Среднее для суходольной сосны . . .	61	15	97	29	134	41	199	55	263	70
Среднее для болотной сосны . . . . .	—	—	89	30	135	47	223	61	—	—

Как видно, процент площади ядра у сосны на мокрой почве несколько больше против суходольной сосны одинакового возраста, что и можно было ожидать, ввиду меньшего числа годичных слоев оболочки у болотной сосны соответствующего класса возраста.

Надо, впрочем, заметить, что у перестойной сосны (т. е. свыше 160-летнего возраста) наблюдается возрастание процента площади ядра с увеличением толщины дерева на высоте груди, так как ширина оболочки у этой сосны не зависит от толщины сосны, оставаясь почти постоянной величиной.

Средний годовой прирост процента площади ядра в комле суходольной сосны в различные периоды жизни дерева изменяется так (%):

до 80 лет	81—120 лет	121—160 лет	161—240 лет	241—320 лет
0,19	0,35	0,27	0,18	0,18

Как видно, периодом наиболее энергичного образования ядра у сосны является возраст между 100 и 140 годами.

В Беловежской пуще у сосны около 100—120 лет замечается быстрое падение прироста по диаметру в комлевой части, и затем вторичное уменьшение ширины годичных слоев приходится после 150—160-летнего возраста.

Понятно, чем тоньше годичные слои в дереве, тем уже оболочка и тем больше процент площади ядра. Следовательно, чтобы получилась узкооболонная сосна, должны обратиться у сосны в ядро широкие годичные слои, отложившиеся за первые 110—120 лет жизни дерева, а при 70 (приблизительно) слоях оболочки у старой сосны (161—240 л.) возраст сосны в это время составит 180—190 лет. Это и есть тот возраст, когда широкооболонная сосна превращается в узкооболонную; ширина оболочки в этом возрасте, при всех бонитетах и различной толщине деревьев, равняется около 6,7 см. Спустя еще 40—50 лет, когда превратятся в ядро годичные слои, образовавшиеся за период времени между первым и вторым падением прироста в толщину, то есть слои более широкие по сравнению с позднее образовавшимися, ширина оболочки к 240-летнему возрасту сосны составляет всего около 4,4 см.

Что касается массы оболочки у различных пород деревьев, то она составляет довольно большой процент по отношению к объему всего ствола, и этот процент колеблется в широких пределах в зависимости от качества почвы (на худших почвах—большой процент), возраста и породы; так, у 80-летнего дуба на оболочку приходится от 25 до 40% объема ствола, у 80-летней сосны—около 30—45%. К породам с максимальным процентным содержанием оболочки относятся все виды сосны (в частности, сосна приморская и австрийская); малым же содержанием ее отличаются лиственница, тисс, каштан, белая акация.

По Бертогу и Р. Гартигу, масса оболочки находится в связи с развитием кроны дерева. По Бертогу, который исследовал 4 класса еловых стволов, определяя размер кроны взвешиванием зеленых ветвей и относя этот вес на 1 м<sup>3</sup> стволовой древесины, получились такие результаты:

	Содержание оболочки в дереве (%)	На 1 м <sup>3</sup> стволовой древесины приходится зеленых ветвей (кг)
I класса . . . . .	52,3	74
II » . . . . .	52,0	57,9
III » . . . . .	46,8	48,6
IV » . . . . .	46,5	41,4

Вышеуказанные две водные функции оболочки в жизни дерева объясняют подмеченную, хотя и в слабой степени, связь между размерами кроны и процентным содержанием оболочки в стволе. Строго точного соотношения здесь, конечно, нельзя ожидать, так как не вся оболочка служит проводником воды, а только лишь наружные молодые слои ее. Впрочем, на пихте и этой зависимости не оказалось.

Ель и пихта—безъядровые породы, и на них затруднительно сделать учет процентного содержания оболочки. Было бы поучительно произвести подобное исследование на какой-либо ядровой древесной породе, например на сосне, дубе и т. д.

В заключение надо сказать, что наличие красящих веществ в древесине и окраска ядра разных пород в различные цвета, рассматриваемые с точки зрения приспособления растения к среде, представляются загадочными явлениями. Почему у желтой акации и самшита древесина желтого цвета, у крушины слабительной ядро оранжево-красного цвета, у тисса—красно-бурое, у гледичии оно—розово-красное с красно-бурыми пятнами и т. д.?

Гипотеза Дарвина о выживании наиболее приспособленных, которая произвела переворот в мировоззрении человечества и указала путь эволюции живых существ,—мало коснулась и недостаточно объясняет, как именно приспособляются живые существа к среде своими характерными признаками и цветами, которые так полезны им.

Почему кровь человека, как и многих других животных, красного цвета, тогда как многие низшие существа имеют бесцветную кровь?

Почему у всех млекопитающих, в том числе и у *Homo sapiens*'а, всегда молоко белого цвета? Если где-либо и как-нибудь буренка-корова, по цвету ее масти, дала бы молоко черного цвета, то человечеством она бы была принята за чудо мира.

Почему под зеленой оболочкой плода арбуза скрывается красное мясо с черными семенами?

Почему в индиговом растении образуется индикан, который при брожении и окислении превращается в голубую индиговую краску, каковая краска в самом растении никогда даже и не образуется?

К этим загадкам растительного мира относится также и присутствие красящих веществ в древесине и разнообразие окраски ядра.

Только будущая биология и физиология ответят на непонятные нам вопросы приспособления живых существ к среде.



## VIII. ОТНОШЕНИЕ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ К СВЕТУ



вет является одним из важнейших факторов в жизни лесных, как и других, растений. От света зависят процессы:

- 1) образование хлорофилла;
- 2) разложение углекислоты  $\text{CO}_2$ ;
- 3) транспирация;
- 4) образование и рост почек.

Существуют количественные различия в световой потребности растений на различные процессы.

1) Для образования хлорофилла достаточен крайне слабый свет. Хвойные породы образуют его даже в темноте. Эти породы могут без вреда провести в темноте весьма продолжительное время, когда уже нет ассимиляции; так, в полярных местностях сосна и ель пребывают в темноте 3—4 месяца.

2) Для разложения  $\text{CO}_2$  нужен сравнительно более сильный свет. При этом для каждого вида есть свой минимум освещения, ниже которого этот процесс прекращается. Начиная с этого минимума ассимиляция увеличивается с возрастанием напряженности света до известного максимума, после которого ассимиляция начинает уменьшаться.

Слишком сильное освещение оказывает на многие растения уже вредное действие: хлорофилл становится бледно-зеленым, а у хвойных он даже исчезает, а хвоя принимает желтую окраску.

3) Часть световых лучей потребляется растением в виде тепловой энергии, которая расходуется на транспирацию. Это потребление аналогично расходу тепла на нагрев парового котла для парообразования на фабрично-заводских предприятиях.

4) Для образования и роста почек необходимо растению свет более интенсивный, чем для ассимилятивной деятельности листа.

Качественные различия в световой потребности растения на различные процессы не менее поразительны:

1) Образованием хлорофилла и разложением  $\text{CO}_2$  управляют главным образом малопреломляющиеся красные лучи.

Хлорофиллоносные растения потому именно и кажутся нам зелеными, то есть окрашенными в цвет, дополнительный к красному, что красные лучи солнечного света поглощаются листьями.

Подобное физическое явление можно наблюдать, нырнувши на дно реки и посмотрев из-под воды на солнечный диск, он представляется тусклым кругом желто-зеленого цвета, фиолетовые и голубые лучи солнца проникают до дна реки, но верхние слои преломляют больше всего самые энер-

гичные, самые греющие части лучей солнечного света, а именно ультракрасные и красные лучи, как и листовая пластинка растения, и поэтому солнце нам кажется из-под воды желто-зеленого цвета. Вследствие этого поглощения и слабой теплопроводности воды, получается также большая разница в температуре воды: в глубине реки она гораздо холоднее, чем в верхних слоях воды.

2) Для образования и роста почек нужны главным образом сильно преломляющие так называемые химические лучи—фиолетовые и голубые.

3) На транспирацию, по-видимому, расходуется различные лучи видимого и невидимого спектра; впрочем, возможно, что желтые лучи, как обладающие наибольшей тепловой энергией, потребляются растением в преобладающем количестве. (Поэтому осенью, с прекращением транспирации, эти лучи отражаются от листьев, а последние кажутся «желтыми».)

Важное значение света в жизни леса выражается в многообразных формах: листорасположение, разветвление кроны, форма ствола, количественный прирост, качество древесины, очищение ствола от сучьев, самоизреживание, размножение, побегопроизводительная способность и т. д., все это находится в зависимости от света.

Отношение древесных пород к свету играет весьма важную роль в той борьбе, какую ведут деревья друг с другом, обитая в сообществе; оно оказывает глубокое влияние на состав, форму насаждения, густоту его и другие жизненные явления, происходящие в древесном сообществе.

Словом, отношение древесных пород к свету—основа, краеугольный камень лесоведения.

В круг основных задач лесоведения входят:

а) изучение световой потребности различных древесных пород и б) выяснение зависимости этой потребности от климата, почвы, влажности воздуха, транспирации, происхождения растения и т. д.

Первоначально этот вопрос изучался эмпирически, путем простого наблюдения, с глазомерной оценкой силы освещения.

Исследования в области фотометрии, а также и физиологии растений, касающиеся влияния света на питание, рост и размножение, поставили этот вопрос на прочные научные основания.

В лесоводственной практике уже с давних пор стали различать породы светолюбивые, или гелиофильные, и теневыносливые, или омброфильные.

Позднее еще выделились полутеневыносливые (ильм, Веймутова сосна, кедр и др.), которые в течение первых 2—3 десятилетий жизни выносят тень, как и теневыносливые, а затем требуют света.

Причины различного отношения древесных пород к свету составляют:

1) специфические особенности хлорофилла; хлорофилл у теневыносливых растений, по исследованиям Л ю б и м е н к о, более чувствителен и способен использовать более слабый свет, чем у светолюбивых растений, и

2) различная концентрация хлорофилла в разных растениях.

Замечательно в биологическом отношении и важно для лесоводственной практики значение возраста растения: в ранней молодости (первые 2—4 года) все породы переносят более или менее сильное затенение (в густом ельнике прозябает осина!); в молодости некоторые растения даже нуждаются в затенении. Затем, с развитием деревьев, усиливается их световая потребность, и выступают резкие различия древесных пород в этом отношении.

Происхождение растения также не остается без влияния на его световую потребность: порослевые растения более теневыносливы, чем семенные (например, дубок порослевой и семенной).

Качество почвы накладывает также свой отпечаток на эту потребность: чем почва плодороднее, тем дольше в молодости и в большей степени растение переносит затенение. Но затем растением для своей жизнедеятельности требуется больше света, чем на почве, менее благоприятной для его произрастания.

Далее, световая потребность растения существенно зависит от температуры среды. С повышением средней температуры среды она уменьшается. Поэтому световая потребность растения меняется:

- 1) от времени года,
- 2) географической широты и
- 3) высоты над уровнем моря.

I. Потребность в освещении, начиная с весны, уменьшается по мере приближения к времени окончания роста, то есть к середине лета. Благодаря этому в продолжение около половины вегетационного периода листовые пластинки растения и могут увеличиваться в своих размерах.

II. Потребность в освещении возрастает с увеличением географической широты местопроизрастания:

а) в южных местностях деревья данной породы более теневыносливы, чем в северных, то есть сосна или дуб в Киевской губернии более теневыносливы, чем сосна или дуб в Московской губернии, а сосна в Московской губернии в свою очередь более теневынослива, чем в Архангельской губернии. Отсюда следствием вытекает такое широко наблюдаемое в природе общее явление:

б) породы, растущие на юге в долинах и низменностях, у границы своего северного распространения предпочитают занимать открытые, освещенные холмы. Примером у нас могут служить дуб и ель; ель в Ферганской области обитает на затененных склонах горных ущелий, в средних широтах Европейской части СССР—в лощинах, долинах и других понижениях, а на севере Европейской части СССР—на возвышениях и на южных склонах холмов.

В Северной Америке лиственница, бальзамическая пихта и береза, а также туя и Веймутова сосна растут на юге и на холодных почвах болот, а в более северных широтах поднимаются на возвышенности (Аллеганские горы и др.).

Затем в насаждении теневыносливых пород деревья, будучи угнетенными, тем не менее сохраняют свою жизнедеятельность долгое время в течение ряда лет, тогда как светолюбивые в таком случае быстро гибнут за невозможностью развития почек и ассимиляции листьев в затенении. Отсюда насаждения из теневыносливых пород бывают с густым древостоем, а светолюбивые сами собой сильно изреживаются с возрастом.

Насаждения из светолюбивых пород из-за отмирания деревьев громко говорят, как и Гётте на смертном одре, «mehr Licht, mehr Licht—больше света, больше света!»

Так, по данным В а р г а с а де-Б е д е м а р а, при I бонитете почвы приходится на 1 га следующее число деревьев:

Порода	Возраст (лет)				
	20	50	100	120	140
<i>Сосна</i>					
Наличных	4655	1840	607	478	423
оставшихся к числу в 20-летнем					
возрасте (%)	100	55,3	13	10,3	9,1
отмерших (%)	—	44,7	87	89,7	90,9
<i>Береза</i>					
Наличных	4747	1684	497	—	—
оставшихся к числу в 20-летнем					
возрасте (%)	100	35,4	10,4	—	—
отмерших (%)	—	64,6	89,6	—	—
Ель	5290	2070	690	616	478

В 130-летнем возрасте число деревьев на 1 га.

Лиственницы всего . . . . .	230 шт.
Сосны . . . . .	460 »
Ели . . . . .	598 »

Наконец, надо отметить еще один внешний признак, отличающий деревья светолюбивые от теневыносливых. У всех светолюбивых пород в толще ствола есть две зоны: оболонь и ядро (дуб, лиственница, сосна и пр.).

Теневыносливые же не имеют ядра, за исключением лишь тисса, который хотя является самым теневыносливым деревом, но имеет ядро. Однако эта порода уцелела еще с эоценовой формации третичного периода, значит, живет миллиарды лет и ныне принадлежит к вымирающим растениям.

Влияние света наглядно обнаруживается на распускании листьев (и цветов) даже у одного и того же дерева: сторона дерева, обращенная к югу (т. е. солнцу), обычно покрывается листвой раньше другой стороны, находящейся в тени.

Живые сучья на стволе с южной стороны спускаются ниже, чем на северной, где недостаток света обуславливает более скорое их отмирание.

Далее, очищение ствола от живых сучьев у светолюбивых деревьев начинается раньше и происходит энергичнее, на большую высоту, чем у теневыносливых. Это вполне понятно: продолжительность жизни ветви зависит от силы освещения. Тень, отбрасываемая более молодыми, выше расположенными ветвями, задерживает ассимилятивную работу нижних ветвей и препятствует сперва распусканию на них почек, а затем и самому образованию почек, так что, наконец, сильно затененные нижние ветви засыхают. И это отмирание нижних ветвей происходит тем сильнее и скорее, чем большей световой потребностью обладает данная древесная порода.

Стадии отмирания ветви таковы:

- 1) почки, распускаясь, дают укороченные побеги,
- 2) почки образуются, но не распускаются,
- 3) почки не доразвиваются, и
- 4) прекращается рост ветви, и она засыхает.

У светолюбивых пород (лиственница, береза, осина) этот процесс совершается и при изолированном стоянии дерева, от тени его собственной кроны, тогда как теневыносливые (пихта, ель, бук) в этом случае бывают покрыты живыми ветвями до самой земли (например, парковые деревья).

Увеличение светолюбия по мере приближения к северной границе распространения породы вызывается необходимостью пользоваться светом, как источником тепла, а не обуславливается увеличением потребности в свете, как энергии усвоения углерода, потому что для расщепления на три атома частицы молекулы  $\text{CO}_2$  нужно одно и то же количество энергии химической как на юге, так и на севере.

В континентальном климате с значительным числом безоблачных дней (т. е. с сильным светом и большим нагреванием) деревья более теневыносливы, чем в климате приморском. Так: сосна в Уфимской губернии более теневынослива, чем в Остзейском крае; сосна в Воронежской губернии более теневынослива, чем в Привислинском крае.

III. Наконец, потребность в освещении возрастает с повышением местности над уровнем моря.

На горах, как и на севере, испытывается недостаток тепла, и здесь для жизни растения большую роль играют тепловые лучи солнечного света.

### РАЗЛИЧНЫЕ ПОРОДЫ ПО ВНЕШНЕЙ ФОРМЕ

У теневыносливых растений (ель, бук, липа)—густое облиствение и сильная тень под кроной.

У светолюбивых же (лиственница, береза) распускается весной лишь около половины всего числа почек.



Остальная же половина почек, как сформировавшихся в условиях отенения, для нормальной жизни растения малозначуща.

Из них:

1) часть почек, самых тощих, совсем отмирает;  
2) затем другая часть их остается неразвитой, в покое, переходя в категорию адвентивных почек;

3) а слабо освещенные почки, которые распускаются, образуют укороченные побеги. Наличие этих побегов характерна для всех светолюбивых пород: так, для березы, лиственницы, сосны (шпильки), тополя (в том числе осина), яблони и др.

Для почкообразования, повторяем, нужна довольно высокая степень освещения:

1) у большинства других пород почки образуются по мере распускания на молодом побеге листовых пластинок и сформировываются в мае и июне, питаясь, каждая, пластическими веществами подлежащего листа, в пазухе которого она сидит; следовательно, почка есть сверстница того листа, в пазухе которого она расположена, и

2) на затененных ветвях дерева жизнедеятельность, ассимиляция листьев еще продолжается, но почек уже не образуется.

Бесспорно, что для нормального развития и распускания почек нужно более сильное освещение, чем для ассимиляции листа. Пример: такие светолюбивые породы, как береза и лиственница, распускают свои почки весной гораздо раньше других пород, во время наиболее интенсивного солнечного света.

Светолюбивой породой множество адвентивных почек хранится как резерв жизни, на случай нарушения нормальных условий существования дерева. Так: 1) при внезапном освещении дерева (например, по срубке соседних деревьев) эти почки просыпаются и из них образуются по стволу дерева побеги, так называемые водяные, что характерно, в частности, для дуба, оставленного на вырубке в качестве семенников, и 2) при потере или сильном повреждении листвы светолюбивые деревья легко дают вторичную листву.

В 1876 г. к началу мая в Петровско-Разумовском все деревья и кустарники уже вполне оделись зеленью; ягодные кустарники, как малина, смородина, крыжовник и другие, были в полном цветении. Вся природа ожила; в домашнем хозяйстве человека давно сложены были шубы, шапки, валенки и прочая зимняя одежда и обувь; все оделись в легкие, летние костюмы.

На николин день, то есть 9(22) мая, по всей территории Европейской части России и Сибири прошла холодная волна, под Москвой выпал снег толщиной 18 см, который пролежал 3 дня. На всех древесных растениях молодые побеги и листья погибли и сплошь почернели.

В течение всего мая, июня и первой половины июля (2,5 мес.) липовый парк стоял совершенно голый, как зимой. Аллеи же лиственничная и дубовая на усадьбе скоро оделись новой листвой из распутившихся спящих почек.

Это событие памятно до сих пор старым москвичам-старожилам как редкостный феномен, а также из-за полного отсутствия ягод в этом году.

На основании связанных со степенью освещения внешних признаков древесных растений, подмеченных в лесоводственной практике простым наблюдением, было предложено несколько группировок древесных пород по отношению их к свету, с глазомерной оценкой световой потребности.

Уже в 1849 г. Зейдешикер, по требовательности в свете древесных растений в первой их молодости, разделил породы на следующие три категории:

- 1) требующие тени—пихта, бук и клен;
- 2) переносящие отенение—граб, ель, каштан и дуб;
- 3) не переносящие затенения—ильм, липа, осина, тополь, лиственница, сосна, береза и ольха.

Густав Гейер в 1852 г. первый классифицировал породы по их требовательности к свету, составив следующую шкалу, начинающуюся с самых теневыносливых и кончающуюся самыми светолюбивыми: ель, пихта, бук, черная сосна, липа, грецкий орех, каштан съедобный, граб, дуб, ясень, клен, фруктовые деревья, ольха, пушистая береза, веймутова сосна, обыкновенная сосна, ильм, бородавчатая береза, осина и лиственница.

Впоследствии (в 1856 г.) он внес два изменения в этом ряду, найдя, что пихта теневыносливее ели и ясень теневыносливее дуба.

По предпринятым в 1866 г. 8-летним опытам выращивания под пологом 50-летнего дубового насаждения различных пород, с обмером выращенных растений, Крафт в 1878 г. дал следующую шкалу пород, начиная с самых теневыносливых: бук, пихта, граб, клен, ель, ясень, береза, веймутова сосна, лиственница, австрийская сосна и обыкновенная сосна.

Затем в 1898 г. Карл Гейер предложил свою классификацию пород в следующем ряду, начиная с самых светолюбивых: лиственница, береза, обыкновенная сосна, ива, дуб, ясень, съедобный каштан, горная сосна, ильм, черная ольха, черная сосна, белая ольха, липа, веймутова сосна, клен, кедр, ель, граб, бук, пихта и тисс.

Классификация Карла Гейера наиболее принята в руководствах по лесоводству.

Сделанные лесоводами группировки древесных пород были переняты и ботаниками. Так, у Варминга дается следующая классификация: лиственница, береза, осина, черная ольха, сосна, веймутова сосна, ясень, дуб, вяз, явор, горная сосна, ель, липа, граб, бук и пихта.

Профессором М. К. Турским дана самостоятельная группировка пород по их светолюбию: лиственница, береза, обыкновенная сосна, осина, ива, дуб, ясень, клен, черная ольха, ильм, крымская сосна, белая ольха, липа, граб, ель, бук и пихта.

В 1909 г. проф. Г. Майр («Waldbau auf naturgesetzlicher Grundlage») предложил разделять все породы на три категории, относя к первой категории породы с ясно выраженным светолюбием и к третьей со столь же выраженной теневыносливостью, а ко второй категории—породы, отнесение которых к одной из крайних групп сомнительно и которые на лучших почвах и в теплом климате приближаются более к светолюбивым, а на хороших почвах в теплом климате—к теневыносливым.

Группировка Г. Майра следующая:

1) Светолюбивые—секция белых дубов (*Q. alba*, *bicolor*, *conferta*, *dentata*, *macrocarpa*, *pedunculata*, *pubescens* и *sessiliflora*); из сосен секция *Pinaster* (*P. alepensis*, *austriaca*, *densiflora*, *Laricio*, *maritima*, *resinosa*, *silvestris*, *sinensis*, *Thunbergii*, *uncinata*); секция *Murrayana* (*P. Banksiana*, *inops*, *mitis*, *Murrayana*, *rigida*, *Taeda*); секция *jeffreyi* (*P. jeffreyi*, *palustris*, *ponderosa*, *scopolorum*); *Larix*, *Salix*, *Populus*, *Betula*, *Taxodium*, *Magnolia*, *Liriodendron*.

2) Полутеневыносливые: *Carpinus*, *Tilia*, *Acer*, *Fraxinus*, *Ulmus*, *Alnus*; из сосен секция *Strobus* (*P. Strobus*, *excelsa*, *Lambertiana*, *Peuce*) и секция *Cembra* (*P. Cembra*, *koreensis*, *sibirica*); *Chamaecyparis*, *Libocedrus*, *Cryptomeria*, *Sequoia*; из дубов секция черных дубов (*Q. Aegilops*, *Cerris*, *palustris*, *rubra*, *serrata*).

3) Теневыносливые: *Taxus*, *Fagus*, *Abies*, *Picea*, *Tsuga*, *Pseudotsuga*, *Thuja*, *Thuja*, *Sciadopitys*, *Aesculus*, вечнозеленые лиственные деревья, в том числе секция вечнозеленых дубов (*Q. acuta*, *agrifolia*, *illex* *Suber* и *Q. virens*).

Из рассмотрения предложенных классификаций нельзя не заметить:

1) несоответствие и противоречия между ними, а также

2) невозможность универсальной группировки ввиду изменчивости световой потребности в зависимости от климатической области. Самые признаки внешние, положенные в основу группировки: 1) способность произ-

растания в тени, 2) густота облиствения, 3) быстрота роста в высоту, 4) степень очищения от живых сучьев и 5) степень самоизреживания, помимо световой потребности, зависят от других условий среды, каковые условия, в изменчивых их сочетаниях, должны оказывать неодинаковое влияние на жизнь дерева или насаждения и давать различные результаты наблюдения;

3) шаткость глазомерной оценки световой потребности;

4) самый же главный недостаток всех предыдущих классификаций заключается в полном отсутствии в них числовых выражений, характеризующих отношение деревьев к свету.

В отличие от остального животного царства человек обладает великим даром выражать свои чувственные восприятия в числах, а не ограничиваться только этими восприятиями.

И корова, пасущаяся на лугу или на выгоне, отдыхая под тенью деревьев, вероятно, чувствует различие тени между липой и березой.

Объективный метод определения сравнительной теневыносливости различных древесных пород в числовых отношениях впервые был предложен в 1884 г. русским лесоводом и ботаником Я. С. Медведевым при помощи относительной высоты, которая получается делением всей высоты дерева на его грудной диаметр, причем обе величины выражаются в одной и той же единице меры (вершок, сантиметр и т. п.).

Исходных положений этого метода два:

1) Между ростом дерева в высоту и толщину есть соотношение, зависящее от степени освещения и выражающееся в том, что свободно растущее дерево преимущественно утолщается, а дерево в насаждении, напротив, растет больше в высоту. Относительная высота является наименьшей у деревьев, выросших на просторе, и наибольшей у деревьев, произрастающих в густом насаждении. Так, по данным, собранным Медведевым в различных местах Закавказья, оказалась относительная высота деревьев (м):

	Сосна	Ель	Бук
Выросших в сильной изреженности . .	24,9	31,8	38,4
Выросших в крайнем угнетении . . .	126	130	157,5

то есть разница в величинах относительной высоты доходит до 100—120, следовательно, при общепринятом делении полноты насаждения на 10 классов, разность освещения выражается для каждого класса величиной от 10 до 12. Поэтому масштабом для определения степени освещения деревьев Медведев принял относительную высоту дерева.

2) Относительная высота деревьев дает возможность определить с точностью сравнительную способность древесных пород переносить недостаток света, то есть их теневыносливость. Эта возможность вытекает из того, что световые отношения древесных пород неодинаковы, и относительная высота отражает весьма чувствительно степень освещения, под которой выросли деревья, изменяясь в обратном отношении с количеством получаемого ими света, поэтому лучший и самый простой прием для определения сравнительной теневыносливости деревьев заключался бы в определении относительной высоты одновозрастных деревьев разных пород, выросших вне взаимного влияния, под совершенно одинаковым отенением какого-либо насаждения.

Так, если под пологом сосняка растут особняками березка и пихта, то березка, как более требовательная к свету, вытягивается хлыстом, а на росте пихты отенение скажется слабо, и относительные высоты их выражали бы сравнительную потребность в свете этих двух пород.

Не имея, однако, возможности произвести наблюдения указанным способом, Медведев воспользовался находившимся в его распоряжении обшир-

ным материалом, заключавшимся в данных пробных площадей (числом более 300), стараясь, по возможности, приблизить свои наблюдения к условиям предложенного им приема.

На пробной площади, взятой в равномерном, по возможности, насаждении, в котором какая-либо порода занимает подчиненное место и представлена незначительным числом экземпляров, определялась относительная высота тех модельных деревьев, которые, судя по размеру их в высоту и биологическим свойствам породы, очевидно, выросли в тени насаждения. Из полученных таким путем в различных насаждениях данных выводилась средняя величина относительной высоты для двух пород, а по ней решался вопрос о сравнительной теневыносливости, делением полученной цифры относительной высоты одной породы на относительную высоту другой породы. Так, в виде частного примера, на пробной площади в сосновом насаждении с подмесью ели оказалось:

Порода	Диаметр (см)	Высота (м)	Возраст (лет)	Число деревьев на 1 га	Относительная высота
Сосна . . . . .	20,8	21,2	110	132	101,9
Сосна . . . . .	34,5	29,6	145	177	85,8
Ель . . . . .	19,7	16,2	100	304	82,2
Ель . . . . .	31,0	22,2	110	88	71,6

Следовательно, соотношение относительной высоты сосны и ели:

$$\frac{101,9}{71,6} = 1,423.$$

Средняя величина этого соотношения, по 23 пробам, определилась для ели цифрой 1,500 с колебаниями между 1,762 и 1,338, а для сосны—обратной дробью—в 0,666. Следовательно, теневыносливость ели в 1,5 раза более, чем сосны, или, наоборот, сосна способна выносить только 0,66 того отенения, которое выносит ель.

Таким же путем получены средние величины световых соотношений сосны к березе, бука к ели, граба к буку, тисса к буку и других пар древесных пород. Наконец, если принять березу как самую светолюбивую породу за единицу сравнения, относительная теневыносливость остальных исследованных пород выразилась в следующих цифрах:

береза . . . . .	1,000	граб . . . . .	1,889
сосна . . . . .	1,333	ель . . . . .	2,000
ясень . . . . .	1,400 <sup>1</sup>	бук . . . . .	2,058
осина . . . . .	1,598	шихта . . . . .	2,250
дуб . . . . .	1,615	тисс . . . . .	5,795
липа . . . . .	1,747		

Шкала эта довольно близка к предложенной Карлом Гейером в 1898 г. для Германии (лишь ель, по Медведеву, теневыносливее граба, и ясень, не на основании исследования, а предположительно, признан светолюбивее дуба).

Правильность полученных цифр относительной теневыносливости сосны и ели или иных двух пород, как указывает и Медведев, может быть проверена двояко:

1) Наблюдением для сравниваемых пород предельной относительной высоты, за которой наступает смерть дерева от заглушения. Если, например, предельная относительная высота для сосны равна 130, то для ели эта высота должна выразиться величиной 195, а именно по пропорции

$$x : 130 = 1,5 : 1; \quad x = 130 \cdot 1,5 = 195.$$

<sup>1</sup> Для ясени не на основании исследования, а предположительно принята цифра 1,400.

2) По числу деревьев в насаждениях сравниваемых пород, имеющих подрост данной породы с одинаковой относительной высотой. Если световое отношение сосны и ели как 1 : 1,5, то, очевидно, одинаковое с сосновым насаждением затенение ельник дает при числе деревьев на 1 га в 1,5 раза меньше, чем сосняк. Если, например, еловый подрост под пологом сосняка, состоящего из 1104 деревьев на 1 га, имеет относительную высоту 60, то ту же самую относительную высоту еловый подрост имеет под ельником при затенении лишь от 736 деревьев на 1 га, то есть по пропорции  $x : 1104 = 1 : 1,5$ ;

$$x = \frac{1104}{1,5} = 736.$$

Критика метода. Первый, основной принцип, безусловно, верен: относительная высота дерева зависит от степени его освещения. Это подтверждается рядом доказательств.

1) Этиолированностью растений, когда за недостатком света растение удлиняет свой стебель, междоузлия и листовые черешки, чтобы вынести из области тени свои ассимилятивные органы (листву) к доступу света.

2) Исследованиями Визнера по выращиванию всходов сосны и ели при разных степенях освещения, с измерением длины подсемядольного колена (в мм):

Интенсивность света	Длина подсемядольного колена	
	Сосна	Ель
0,1370 . . . . .	40	34
0,0140 (т. е. < в 9 раз) . . . . .	56	50
0,0025 (т. е. < в 55 раз) . . . . .	60	58
0,0000 . . . . .	69	70

3) Швейцарской опытной лесной станцией 5-летними опытами выращивания деревьев в питомнике при различных степенях затенения гряд щитами, которые дали следующие результаты:

Порода	Относительная высота при освещении <sup>1</sup>			
	100	66	50	25
Ель . . . . .	43,5	50,0	59,3	63,0
Сосна обыкновенная . . . . .	44,3	55,6	55,1	63,6
Лиственница . . . . .	61,3	67,8	83,8	90,0
Пихта . . . . .	43,8	56,6	48,2	41,4
Сосна австрийская . . . . .	43,2	50,1	46,0	43,3

то есть относительная высота ели, сосны обыкновенной и лиственницы возрастает с увеличением степени затенения, причем у пихты и сосны австрийской при известной интенсивности света наблюдается максимум относительной высоты (характерной для теневыносливых растений при оптимальном освещении).

4) Еще в самом начале 80-х годов студентом В. Никольским в питомнике Петровской академии проведен опыт выращивания однолеток

<sup>1</sup> Относительная высота здесь определена делением высоты растения на диаметр у шейки корня.

сосны и ели с отенением гряд щитами (слабое и сильное отенение) с последующим взвешиванием, по сотне штук, надземных частей пробных растений (от семянодолей до конечной почки, вместе с хвоей) после высушивания их при 100° до постоянного веса.

Результаты взвешивания (г):

	Отенение		
	сильное	слабое	без отенения
Сосна . . . . .	0,66	1,75	3,11
Ель . . . . .	0,80	1,54	2,27

то есть отенение всходов обуславливает уменьшение прироста органического вещества, притом для сосны более значительное, по сравнению с елью: вес сухого вещества семянцев, росших на полном свете, больше, чем у семянцев под сильным затенением, у сосны почти в 5 раз, а у ели лишь почти в 3 раза (Известия Петровской академии, 1881 г.).

5) Аналогичный опыт проф. Циляра (под Веной) в 1897 г. (т. е. 17 лет после опытов в Академии) с двулетками ели, сосны и лиственницы, выращенных при различных степенях затенения гряд решетчатыми щитами, с взвешиванием зеленых растений, причем вес затененных растений выражен в процентах от веса двулеток, развившихся без затенения.

Результаты:

Степень освещения (%)	Ель	Сосна	Лиственница
100	100	100	100
75	75	53	27
66	62	46	18
60	58	27	19
50	41	28	11
33	25	10	Вследствие отенения погибли в 1897 г.
25	24	Из-за отенения погибли в 1897 г.	

При затенении до 50% дневного света, сравнительно с продукцией свежей органической массы на полном свете:

лиственница дала в 9 раз меньше  
 сосна » » 3,6 раза »  
 ель » » 2,5 » »

При затенении до 33% дневного света лиственница от недостатка света погибла; та же участь постигла сосну при затенении до 25% дневного света.

6) Опыты проф. Циляра, произведенные в 1890 г. и повторенные в 1894 и в 1896 гг., по выращиванию однолетних растений в питомнике при различном отенении гряд щитами с километрическим определением для каждой породы объема однолеток, по сотне штук, выраженного в процентах от объема однолеток, воспитанных на полном свете.

Степень освещения (%)	Лиственница	Сосна обыкновенная	Сосна черная	Ель
1) 100 . . . . .	100	100	100	100
2) 75 . . . . .	67	69	101	79
3) 66 . . . . .	44	70	78	92
4) 60 . . . . .	56	68	74	90
5) 50 (решетины в 1 см) . . . . .	46	41	73	80
6) 50 (решетины в 3 см) . . . . .	31	34	62	75
7) 33 . . . . .	21	21	34	64
8) 25 . . . . .	13	19	27	54

Видно, что под влиянием отенения продукция органического вещества убывает у разных пород неодинаково: на самой затененной гряде (№ 8) лиственница дала лишь 13% того, что выросло у нее при полном освещении:

сосна обыкновенная . . . . .	19%
сосна черная . . . . .	27%
ель . . . . .	54%

Следовательно, менее всего чувствительной к отенению, то есть самой теневыносливой из четырех исследованных пород, оказалась ель; за ней следует черная сосна, далее обыкновенная сосна и, наконец, более всего пострадавшей от отенения, то есть самой светолюбивой, оказалась лиственница.

Повторные опыты в 1894 и 1896 гг. вполне подтвердили выводы опыта 1890 г.

7) В любом насаждении можно убедиться, что относительная высота угнетенных деревьев больше, чем у господствующих, и что она тем значительнее, чем сильнее степень затенения или угнетения.

Итак, относительная высота дерева зависит от степени его освещения.

Тем не менее рассматриваемый метод может иметь ограниченное применение, лишь при соблюдении определенных условий, так как относительная высота зависит не только от интенсивности света, но изменяется также и под влиянием других факторов, а именно она зависит:

1) От возраста дерева. В молодом возрасте насаждения, каков бы ни был его бонитет, относительная высота сперва повышается, около 20—30 лет достигает максимума, а затем в течение всей последующей жизни она падает с возрастом насаждения.

Следовательно, начиная с 20—30-летнего возраста, в течение жизни насаждения, рост в толщину деревьев идет относительно энергичнее, чем рост в высоту.

Так, ниже приведены данные для баденского пихтарника, выросшего на I бонитете почвы; в старом возрасте (100 л. и более), однако, влияние возраста на изменение  $\frac{H}{D}$  уже слабее.

2) От бонитета почвы зависимость относительной высоты весьма определенная. При одинаковом возрасте насаждения относительная высота тем больше, чем хуже почвенный бонитет.

Другими словами, на худших почвах рост деревьев в толщину идет сравнительно слабее, чем в высоту.

Вот данные  $\frac{H}{D}$  для пихтарников в Бадене при пяти бонитетах:

Возраст (лет)	I	II	III	IV	V
30	124	126	128	130	130
40	112	115	119	123	126
50	105	107	110	113	117
60	95,8	—	—	—	—
70	88,4	—	—	—	—
80	83,3	—	—	—	—
90	80,4	—	—	—	—
100	77,8	79	81,5	81,5	82,6
110	75,8	—	—	—	—
120	73,8	73,9	74,3	74,7	74,8

Как видно из данных, по сравнению с молодняками (напр., 30 л.), в старших возрастах насаждения (например, 100—120 л.), когда корневой аппарат деревьев достиг мощного развития, распространившись в почве и грунте, влияние бонитета, места на изменение относительной высоты деревьев слабеет.

3) От действия ветра относительная высота деревьев находится также в зависимости; чем сильнее ветер в данном месте, тем меньше относительная высота деревьев.

4) На относительную высоту деревьев большое влияние оказывает средняя температура среды: чем меньше температура, тем меньше  $\frac{H}{D}$  как на крайнем севере, так и у южных пределов распространения лесов, относительная высота представляет минимальную величину; она достигает своего максимума внутри этих пределов в оптимальной климатической области произрастания данной породы.

Наконец, относительная высота находится в тесной связи и с формой насаждения. В двухъярусных насаждениях нижний ярус, затеняющий стволы верхнего яруса, ослабляя их утолщение в нижней части, обуславливает увеличение  $\frac{H}{D}$ .

Итак, судить по относительной высоте деревьев о степени световой потребности их можно, лишь устранив, по возможности, влияние других факторов, то есть наблюдая растения в одинаковом возрасте, на одном и том же бонитете почвы и в определенной климатической области, исключив притом также различия в действии ветра и нижнего яруса в исследуемых насаждениях.

Второе основное положение, на котором базируется метод, что относительная высота деревьев различных пород изменяется в обратном отношении с количеством получаемого ими света, как высказанное без фактического обоснования, требовало бы подкрепления данными опыта или наблюдения.

Во всяком случае, судя по результатам исследования, произведенного в Закавказье, почти совпадающим с общепринятой в Германии шкалой К. Гейера, рассматриваемый метод, по-видимому, может давать довольно точные числовые отношения, выражающие световую потребность деревьев. В пользу этого метода говорят общедоступность и простота приема исследования. С соблюдением вышеуказанных требований им можно пользоваться для определения сравнительной теневыносливости деревьев разных пород.

Этот метод представляет шаг вперед в лесоведении по сравнению с глазомерной оценкой. К сожалению, метод Медведева не нашел в России должного применения; за границей же он неизвестен. (Яков Сергеевич Медведев скончался 19 марта 1923 г., в 76-летнем возрасте, в г. Тифлисе).

Различные отношения деревьев к свету связаны с глубокими изменениями в анатомическом строении листа как органа, непосредственно потребляющего световые лучи на фотосинтез и на транспирацию. Строение листа поэтому обуславливается влиянием света.



Напомним бегло общие сведения о строении листа.

Верхняя поверхность листа состоит из одного ряда клеток с прозрачными и бесцветными стенками; эти клетки полны водой; они образуют нечто в роде водяной подушки сверху листа. Находящаяся под этой подушкой палисадная ткань состоит из тесно сплоченных зеленых клеток, в 1—2 ряда. Палисадная паренхима перерабатывает углекислоту и воду в сахар, крахмал и другие пластические вещества. Это—химическая лаборатория растения. Нижняя часть листа—губчатая паренхима—рыхлая, губчатая; она состоит из слабо связанных между собой округлых клеток, между которыми имеются большие воздушные пространства, или полости, так называемые межклетники. Губчатая ткань служит для важной и необходимой работы—испарения. Это—часть аппарата, снабжающего растение водой из почвы.

Нижняя ткань листовой пластинки состоит из слабо соединенных губчатых клеток, которые большей частью своей поверхности соприкасаются с воздушными полостями. Назначение межклетников—облегчать испарение; вода испаряется в межклетники через стенки из окружающих клеток.

Имеющиеся на нижней поверхности листа устьица открываются, каждое в смежные с ними межклетники.

Из межклетников водяной пар, выделившийся из клеток, выходит через устьица наружу, на открытый воздух.

Устьица—саморегулирующий аппарат, основанный на весьма простом и в то же время очень остроумном принципе. Представим себе отрезок каучуковой трубки, у которой одна сторона стенки толще, чем другая; если заткнуть один конец этой трубки, а в другой вдуть в нее воздух, то трубка изогнется дугообразно, вследствие большей растяжимости тонкостенной стороны трубки.

Две такие трубочки, сложенные так, что толстостенными сторонами они прилегают друг к другу, представляют простейшую модель устьица: при всяком увеличении давления внутри трубочек происходит дугообразный изгиб каждой из них, а в промежутке между ними образуется эллипсовидное отверстие; с устранением внутреннего давления трубочки выпрямляются и, смыкаясь, закрывают это отверстие.

Вышеупомянутые трубочки соответствуют устьицевым клеткам; всякое увеличение тургора в этих клетках вызывает их деформацию, сопровождающуюся раскрытием щели, а с уменьшением тургора щель замыкается.

Так как с потерей воды при испарении клеточный тургор падает и наоборот, то механизм оказывается вполне целесообразным. Устьица служат только выходными отверстиями для системы межклетных ходов и полостей, внутренняя поверхность которых и является собственно испаряющей поверхностью.

В сухую погоду, когда растению необходимо ограничить испарение и сохранить свой запас влаги, устьица закрываются.

В сырую же погоду или после дождя, когда корни обычно всасывают воду и становится желательным, чтобы шло испарение и растущие побеги пополнились водой вместе с растворенными в ней азотистыми, минеральными и другими питательными веществами,—устьица широко раскрываются и позволяют влаге свободно удаляться из листьев в виде пара.

Относительные размеры в листе палисадной и губчатой ткани зависят от того, насколько свободен доступ к листьям солнечного света и влаги. Эти размеры непостоянны, а, смотря по условиям местопроизрастания, изменяются у одного и того же растения, хотя за мириады лет прошлой жизни каждый вид, благодаря естественному отбору, приурочился к определенному положению, для которого он и выработал свои особенные приспособления и производит такие листья, какие лучше всего подходят к его положению и привычкам.

По строению листа все хлорофиллоносные, или зеленые, растения можно разделить на три категории:

1) Тенелюбивые—в полном смысле слова; у этих растений мякоть листа состоит исключительно из губчатой паренхимы; за полным отсутствием палисадной ткани, химическая лаборатория помещается в парильном отделении; листья ассимилируют лишь при весьма слабой интенсивности света. Растения произрастают при условиях затенения, не мирясь с полным солнечным освещением.

а) В эту категорию входят многие лесные травянистые растения, как *Oxalis acetosella*, *Dentaria bulbifera*, *Mercurialis perennis*, *Convallaria majalis* и другие, произрастающие исключительно в местах, затененных лесом; будучи поставлены в условия более сильного освещения, приближающегося к дневному свету (например, по изрежени или вырубке леса), они обнаруживают болезненное состояние и погибают.

б) Сюда принадлежат из деревянистых растений некоторые кустарники: *Juniperus communis*, *Aristolochia Siphon*, *Viburnum orientale*, *V. americana* и другие.

2) Полную противоположность этой категории представляют светолюбивые растения, которые произрастают только на вполне освещенных местах и не переносят затенения (например, *Galium verum*, *Peucedanum cervaria*, *Linosyris vulgaris* и др.).

Листовая пластинка у них составлена почти исключительно из клеток палисадной паренхимы; губчатая же доведена до минимума или даже совершенно отсутствует.

3) В промежутке между этими двумя крайностями находятся растения, способные приспосабливаться к степени освещения. За вышеупомянутыми немногими исключениями, все древесные и кустарные породы можно отнести к этой промежуточной категории, так как они в различной мере способны выносить затенение, как и полное освещение, способны более или менее приспосабливаться к интенсивности света.

У одного и того же вида растения приспособления к степени освещения обуславливают сильные изменения не только в анатомическом строении, но и в морфологических формах органов, в частности листьев. Изменения эти настолько велики, что, например, лист бука теневой, т. е. выросший в тени, мало похож на лист бука световой, т. е. развившийся при полном освещении. Отсюда, между прочим, является трудность составления определителя по листьям для древесных и кустарниковых пород.

Анатомические и морфологические изменения в листьях, связанные с приспособлениями к освещению, в главных чертах следующие:

1) Толщина листа. Световой лист в 1,5—4 раза толще теневого, он более тверд, кожистый и при сгибании ломается. Так, световой лист толще теневого: у осины и ясеня—в 1,5 раза, у дуба—в 1,25 раза, у ольхи—в 2 раза, у клена остролистного, липы и березы—в 3 раза, у бузины—в 4 раза.

Теневой же лист настолько тонок и мягок, что его можно свернуть в трубочку.

2) Величина листовой пластинки у теневого листа более крупная и широкая, чем у светового. Поэтому в годы с пасмурным, влажным летом (т. е. с слабой инсоляцией) листья на деревьях и кустарниках бывают крупнее, чем в сухие годы, как, например, в 1920 г.

3) Нервация у светового листа сильно развита, рельефно выдается на нижней поверхности пластинки и образует более густую сеть разветвлений, так как сосуды имеют больший диаметр и число сосудистых пучков в нерве в 4—5 раз больше, чем у теневого листа<sup>1</sup>.

4) Листовой черешок у светового листа толще и короче.

5) Поверхность листа светового часто более волосиста и морщиниста; пластинка двусторонняя: нижняя поверхность—матовая и более светлая,

<sup>1</sup> Так, у *Ligustrum vulgare*, по исследованиям Д ю ф у р а, в световом листе нерв состоит из 5—8 пучков и в каждом пучке около 24 сосудов, тогда как в теновом листе нерв состоит из 2—3 пучков, по 13 сосудов в каждом.

а верхняя — темно-зеленая и блестящая, т. е. способная отражать много света. У теневого же листа верхняя поверхность матовая, зеленого или светло-зеленого цвета.

6) Устьица. С уменьшением освещения увеличивается число устьиц на листьях. У световых листьев устьица имеются лишь на нижней поверхности пластинки, у теневых же они встречаются также и на верхней, хотя и в меньшем числе<sup>1</sup>.

7) Кожица у светового листа толще; размеры клеток значительно больше в толщину и ширину. Внешние стенки клеток верхней кожицы сильно утолщены непроницаемым для воды и воздуха слоем — кутикулой (т. е. пробковым веществом, образовавшимся из целлюлозы наружного слоя клеточной стенки). Эпидермис (т. е. клеточная стенка + кутикула) в 2—3 раза толще, чем у теневого листа. Благодаря толстому слою кутикулы, является блеск (лоск) светового листа. Кожица нижней стороны листа нередко с освещением тоже утолщается, но в слабой степени.

Кожица листа играет роль водяного покрова, который, в случае недостаточной доставки воды по сосудам, пополняет эту недостачу. И, разумеется, как запасное водохранилище кожица должна быть развита тем сильнее, чем интенсивнее освещение.

8) Мякоть пластинки у теневого листа составлена преимущественно из губчатой паренхимы; в листе же, образовавшемся при полном освещении, главная часть мякоти — палисадная ткань, причем клетки ее имеют большую высоту, чем у теневого листа, — в 2 и даже в 3 раза больше (например, у липы). Кроме того, у световых листьев бывает в палисадной паренхиме 2—3 ряда клеток, а иногда и 5—6 рядов (например, у белой ольхи и липы), тогда как у теневых ее обыкновенно имеется лишь 1 ряд, редко 2 ряда (рис. 26, 27, 28, 29).

Далее, по исследованиям Л а м а р л ь е р а, процентное количество сухого вещества в листьях световых больше, чем в теневых, так:

	Световой лист (%)	Теневой лист (%)
у бука . . . . .	47	37
» дуба . . . . .	45	37
» ивы . . . . .	41	31

Так как световой лист испаряет большее количество воды, чем теневой, то разумеется, что в нем откладывается и больше солей минеральных. Приходится чаще лудить самовар тот, который больше всего находится в работе.

Надо обратить внимание на то, что в развившемся уже листе не может изменяться его строение, как бы ни изменялось освещение. Образование всех вышеуказанных анатомо-морфологических изменений в листе, в частности развитие той или иной паренхимы (палисадной или губчатой), происходит еще в то время, когда лист только что распускается из почки; так, у сосны, выросшей на свету, на верхней стороне листа, еще в почечном состоянии, замечается уже присутствие удлинённых клеток — зачаток палисадной паренхимы.

Даже больше того, по анатомо-морфологическому строению и связанным с ним физиологическим свойствам самые почки необходимо разделить на две формы: на теневые, сформировавшиеся в тени, и световые, или образовавшиеся на полном освещении.

В отличие от световых, теневые почки меньшей величины, меньшей плотности и с меньшим количеством покровных чешуек. При ближайшем микроскопическом исследовании, несомненно, окажутся и другие детальные отличия.

<sup>1</sup> Листья *Prunus padus*, *Lonicera tatarica* и *Philadelphus coronarius* имеют устьица только на нижней стороне пластинки; значит, эти растения световые.

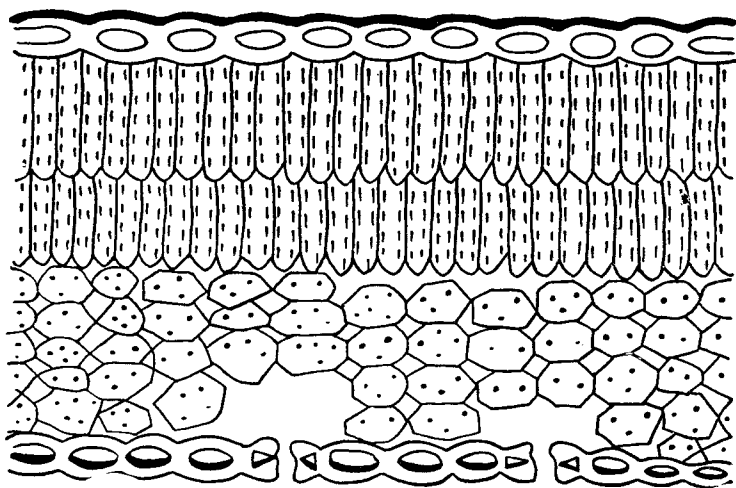


Рис. 26. Бузина—световой лист.

чия теневых почек по сравнению с световыми, ввиду проявляемых ими физиологических свойств.

По наблюдениям проф. А. Э н г л е р а<sup>1</sup>, молодые буки, клены, ясени и дубы, произрастающие под пологом старого листового насаждения, раньше распускают свои почки и покрываются листвой, чем экземпляры, растущие на свободе при полном доступе света.

Вследствие особенностей своего строения и благодаря большей влажности воздуха и меньшим его температурным колебаниям под лесным пологом,—ранней весной, пока еще полог обнажен, теневые почки, как более чувствительные к освещению, и распускаются раньше световых почек, имеющих на экземплярах открытого места.

Следует отметить, что, по произведенным опытам, выставленный на свет молодой теневой бук несколько лет подряд весной зеленеет раньше, чем рядом с ним растущая световая форма бука, сохраняя свои характерные теневые листья. Лишь по прошествии нескольких лет теневые почки сменяются световыми, равно как и теневая листва световой.

Чем светолюбивее порода и чем дольше деревце находилось в отенении, тем глубже и сильнее отражается на нем угнетение и тем труднее и медленнее после освещения оно оправляется и переходит в световую форму.

Свойство древесных растений вырабатывать, смотря по условиям освещения, теневые и световые формы, помимо биологического значения, имеет лесохозяйственную важность как в вопросе об использовании при сплошной рубке леса имеющегося под ним подроста, так и при мероприятиях по уходу за насаждением (прореживании) в целях образования сложных форм насаждений.

Так как под пологом леса образуются теневые формы древесных растений, требующие ряда лет для своего перехода в световые, и наличная водопроводная система дерева не в состоянии усилить подачу из почвы к листве воды против того размера, для которого она построена и приоровлена, то становятся понятными причины вредного влияния быстрого освобождения (например, сплошной рубкой) подроста листового и хвойного; равным образом, понятна и продолжительность болезненных явлений у хвойных растений, сохраняющих свои иглы в течение многих лет (ель 6—8 л. и пихта 10—12 л.).

<sup>1</sup> Mitteil. d. Schweiz. Zentralanstalt d. forstl. Versuchswes, 1911.

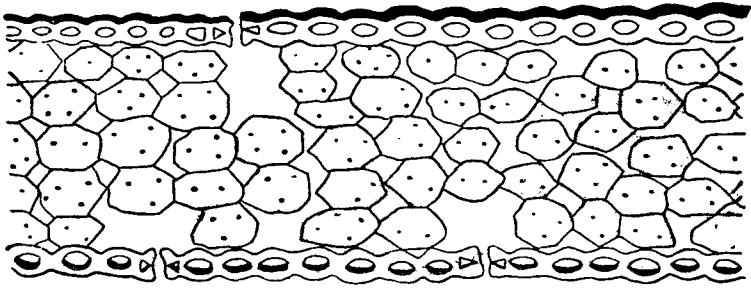


Рис. 27. Бузина—теневого лист.

Крона изолированного дерева, в отношении стран света, далеко неодинаково освещена солнечными лучами; полным освещением пользуется южная его сторона, северная же, наоборот, ограничивается лишь диффузным светом, отраженным небом; кроме того, существуют большие различия в условиях освещения также и в глубине кроны облиственного дерева. Поэтому в кроне любого листового дерева находятся как световые, так и теневые формы листьев, а равно и почек; при этом световая форма размещается на вершине и на самой периферии кроны, преимущественно с южной ее стороны, а теневая лишь в глубине кроны (в особенности с северной стороны), куда проникают прямые и диффузные солнечные лучи только слабой интенсивности. С этим биологическим свойством дерева необходимо сообразоваться при пересадке крупномерных древесных растений, во избежание болезненных переживаний или даже гибели их.

Еще большее значение в лесохозяйственном растениеводстве должно иметь направление склонов в отношении стран света, ввиду значительной разницы в количестве солнечного света, получаемого лесом на тех или иных склонах. В отношении кормовых трав давно установлено практикой и исследованиями, что травы на солнечных склонах, благодаря обильному накоплению сахара, белков и других органических веществ, гораздо питательнее чем травы, произрастающие на северных склонах. По-видимому, и лесонасаждения представляют в рассматриваемом отношении большие различия.

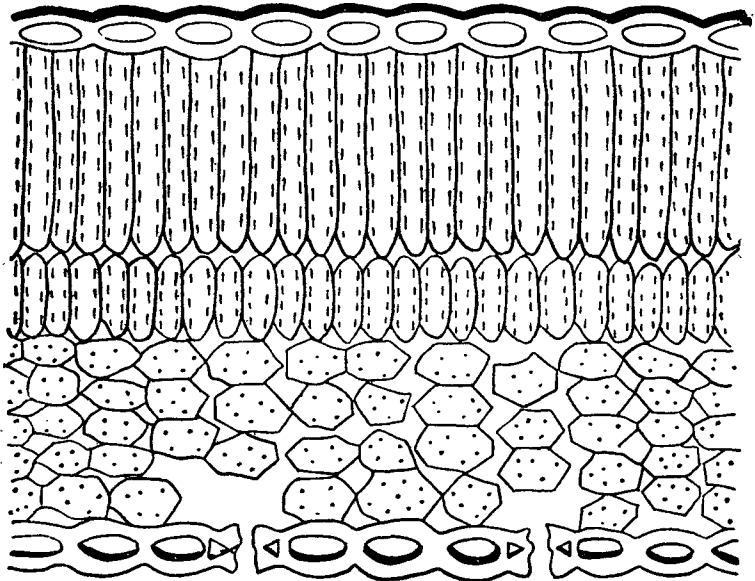


Рис. 28. Лох—световой лист.

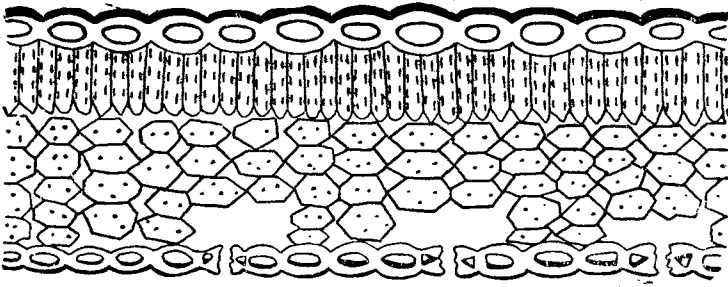


Рис. 29. Лох—тенево́й лист.

по энергии роста, техническим свойствам древесины, лесовозобновляемости и другим лесоводственным и биологическим свойствам. Так, по наблюдениям проф. Энглера, в Швейцарии буковый лес, расположенный на северном склоне и, следовательно, получающий преимущественно диффузный свет, распускается и зеленеет весной раньше, чем на южном склоне.

Возвращаясь к световым и тенивым формам листьев, как средству приспособления древесных растений к степени освещения, можно заметить, что польза всех вышеуказанных изменений в строении листа заключается частью в защите хлорофилла от разрушительного действия слишком сильной инсоляции, частью в регулировании ассимилятивного процесса; самое же главное, существенное значение их состоит в регулировании транспирационного процесса.

Эта мысль подкрепляется результатами произведенных опытов активного приспособления растений к среде. Культивируя растения в почве, богатой солями, Л е с а ж обнаружил в органах растений видоизменения, приближающие их к солончаковым, которые приспособлены к ограниченной транспирации, а именно: рост их уменьшается, листья становятся мельче и толще, палисадная ткань развивается очень сильно, межклетники уменьшаются и т. д.

С другой стороны, высказанная мысль подтверждается тем фактом, что влажный воздух оказывает на строение листьев растения такое же действие, как и отенение: 1) листовая пластинка становится тоньше и круше; 2) палисадная паренхима отсутствует или слабо развита; 3) также малоразвита механическая ткань; 4) междоузлия растения удлиняются; 5) сосудистые пучки (нервы) слабо развиты; 6) наблюдается повышенное образование устьиц и т. д.

То же наблюдается и у молодой поросли, у которой, за избыточностью влаги в материнских корнях, нет надобности в регулировании транспирационного процесса, т. е. развита теневая форма листьев—почек.

По строению листьев почти все древесные и кустарниковые породы вышеупомянутой промежуточной категории (III) можно разделить на две группы:

1) породы с наибольшей приспособляемостью к условиям освещения: в тени они развивают губчатую паренхиму, а на свету также и палисадную; это—теневыносливые породы, и

2) породы, у которых, даже в самой глубокой тени, листья все-таки имеют, в той или иной степени развития, палисадную паренхиму, которая при полном освещении увеличивается в 3—4 раза и даже в 5—6 раз против слоя палисадной ткани теневого листа. Это—светолюбивые породы.

Так, по сделанным в 1881 г. Иосифом Игнатьевичем Су ро ж е м в б. Петербургском лесном институте измерениям толщины паренхимы палисадной и губчатой листьев световой и теневой формы различных древесных и кустарниковых пород оказались следующие результаты (толщина показана в делениях микрометра, причем 1 деление=1,25 мк=0,00125 мм, так как 1 мк=0,001 мм):

Породы	Лист	Толщина слоя		
		ткани палисадной	ткани губчатой	итого
<i>Теневыносливые</i>				
Клен остролистный	{ Теневой . . . . .	0	20	20
	{ Световой . . . . .	41	22	63
Липа европейская	{ Теневой . . . . .	0	24	24
	{ Световой . . . . .	38	44	82
Терновник	{ Теневой . . . . .	0	37	37
	{ Световой . . . . .	53	30	83
<i>Светолюбивые</i>				
Береза бородавчатая	{ Теневой . . . . .	45	45	90
	{ Световой . . . . .	80	52	132
Береза пушистая	{ Теневой . . . . .	35	51	86
	{ Световой . . . . .	150	68	218
Осина	{ Теневой . . . . .	50	44	94
	{ Световой . . . . .	80	55	135
Ясень	{ Теневой . . . . .	40	50	90
	{ Световой . . . . .	95	87	182
Дуб	{ Теневой . . . . .	35	41	76
	{ Световой . . . . .	95	53	148
Бузина	{ Теневой . . . . .	0	32	32
	{ Световой . . . . .	39	38	77
Жасмин	{ Теневой . . . . .	0	59	59
	{ Световой . . . . .	52	60	112
	{ Теневой . . . . .	0	31	31
	{ Световой . . . . .	51	46	97

Увеличение слоя палисадной паренхимы у световых листьев обуславливается как удлинением палисадных клеток, так и образованием добавочных рядов палисадных клеток.

Всегда у световых форм палисадные клетки имеют большую высоту сравнительно с теневыми; разница бывает иногда весьма велика; так, у липы клетки верхнего слоя палисадной ткани равны в тени 31,25 мк, а на свету 95 мк.

Обыкновенно у световых листьев по сравнению с теневыми палисадной паренхимы бывает на один ряд клеток больше, а весьма нередко—и на два ряда больше. Прибавка трех и более рядов палисадных клеток встречается у *Alnus incana*, *Tilia parvifolia*, *Syringa vulgaris*, *Crat. sanguinea*, *Prunus Mahaleb*, *Ribes grossularia* и других.

И. И. Суροжем в б. Петербургском лесном институте в 1881 г. сделана попытка составить группировку пород в отношении световой потребности по строению теневых листьев.

При этом породы, обладающие наибольшей приспособляемостью (т. е. теневыносливые), были расположены в ряд по толщине губчатой паренхимы теневых листьев (20, 30, 50, 60, 70 и 80 делений микрометра—1 деление=1,25 мк), а остальные породы, имеющие палисадную паренхиму и в тени (т. е. светолюбивые), распределены в ряд по толщине палисадной паренхимы (10, 15, 20, 26... 130 делений микрометра).

Такое распределение пород дало ряд, весьма близкий к группировке, предложенной К. Гейером и Медведевым.

Существенное несоответствие оказалось только относительно черной и белой ольхи: по строению листа черная ольха более теневынослива, чем белая (и это верно!).

Вместе с тем установлена большая теневыносливость клена остролистного (это верно!).

Но еще большее несоответствие получилось относительно сосны и березы: по строению листа сосна представляется светолюбивее березы (но это не правдоподобно).

Кустарники, по исследованиям И. И. Сурожа, также распределялись на две категории:

1) Теневыносливые, у которых теневой лист вовсе без палисадной паренхимы.

Самые теневыносливые оказались: смородина (50), гордовина (50), спирея (50), калина (60) и кизильник (*Cotoneaster*) (70).

2) Светолюбивые:

полутеневыносливые: рябина (15), мушмула (20), жимолость (20), лох (25); самые светолюбивые: барбарис (40), вишня (50) и облепиха (55).

При оценке рассматриваемой работы надо заметить, что при сборе материала в парке Ленинградского лесного института теневые и световые формы растений различались на глаз без какого-либо определения интенсивности света, падающего на данное растение; при этом исследователь довольствовался лишь тем, что если данный экземпляр затенен другими растениями, то, значит, у него листья теневые, а велика ли и постоянна ли степень его затенения, не учитывалось. Не обращалось также внимания и на влажность места. Кроме того, при срезке ветвей с растения не принимались в соображение и страны света (север, юг, восток и запад).

Поэтому неизбежны были ошибки в выводах. И сам исследователь признает, что в приводимом им ряду, вероятно, «не мало уклонений от действительности». Впрочем, основная задача работы была выяснить, как влияет свет на строение листьев, имея в виду ранее произведенные по этому вопросу исследования Ш т а л я, Д ю ф у р а, М е р а, Г а б е р л а н т а, П и к а и др., давшие не вполне согласованные результаты.

В основе же своей метод определения светолюбия растений по строению листа заслуживает разработки.

Работа И. И. Сурожа—первая попытка определения световой потребности древесных и кустарниковых пород по анатомическому строению листьев.

Для составления шкалы, по которой другие породы распределялись бы в ряд по их световой потребности, пока нет никаких объективных данных. В этом отношении работа Сурожа страдает дефектами; она дает лишь видимость группировки, подставляя некоторые цифры в гейеровскую шкалу.

Группировка же кустарниковых, самостоятельно сделанная Сурожем, производит безотрадное впечатление по своей конструкции за отсутствием прочной базы.

\* \* \*

Все приведенные выше группировки древесных пород в отношении их к свету представляют собой выводы из рассмотрения на растениях материального результата, приписываемого действию солнечного света. В них говорится об отпечатках, не видя самого штампа; упоминая о свете, авторы группировок, если можно так выразиться, не знают, что с ним делать, не представляют себе отчетливо его действия на растение.

Такое отношение к вопросу крайне односторонне и почти неизбежно сопряжено с ошибками, так как жизнь растения находится под влиянием сложно переплетающейся комбинации внешних факторов: света, тепла, воды, минеральных солей, влажности воздуха, ветра, электричества и т. д.; чтобы приписать данный отпечаток именно действию солнечного света, надо исключить влияние всех других штампов—факторов.

Разумеется, решение вопроса о световой потребности древесных пород в лесоведении не могло ограничиться примитивным сводом лишь одних отпе-



чатков, не касаясь рассмотрения и учета самой действующей силы—солнечного света.

Изучением солнечного света как такового, без всякого отношения его к растениям или животным, давно заняты физика и метеорология. Как добытые им выводы, так и приемы исследования света не могли не быть использованы и при решении занимающего нас вопроса в области лесоведения.

На время оставим растение и обратимся к солнечному свету.

Солнце непрерывно посылает свою лучистую энергию на землю, как и на другие планеты солнечной системы.

Потоки лучистой энергии, достигающие до земли, представляют собой волны, заполняющие мировое пространство, через которое проходят солнечные лучи.

Видимые нами лучи солнца суть небольшая доля потока лучистой энергии, достигающей до земли.

Каждый солнечный луч несет в себе нераздельно энергию, оказывающую действие тепловое, световое, химическое и электрическое, причем нужно только, чтобы он пал на поверхность, способную к восприятию этой энергии в той или иной форме.

Сетчатая оболочка нашего глаза может воспринимать лишь только незначительную часть этих вибраций.

Итак, лучистая энергия может принимать с внешней стороны весьма разнообразные формы (тепловые, световые и др.). Существенным отличием между этими формами и главной характеристикой разных видов лучистой энергии является только длина волны.

В приведенной таблице представлена длина волны различных лучей.

		Длина волны в единицах Ангстрема													
		1 ед. = $\frac{1}{10000000} = 10^{-7}$ мм													
Л	У	Ч	Химически действующие	Тепловые	вещи	a) Герцовские лучи (электрические)	От 6000 м до 3 мм								
						b) Ультракрасные <sup>1</sup>	От 60 мк до 0,76 мк	7500—24 800							
						c) Красные	d) Оранжевые	e) Желтые	f) Зеленые	g) Голубые	h) Синие	i) Фиолетовые	Видимые лучи с длиной волны от $4 \times 10^{-5}$ см до $7 \times 10^{-5}$ см	0,76 микрона	6500—7500
														0,66 »	5900—6500
														0,62 »	5750—5900
														0,53 »	4950—5750
														0,49 »	4400—4950
														0,41 »	
														0,38 »	3950—4400
														j) Ультрафиолетовые (катодные лучи)	0,21 »
						k) Би-ультрафиолетовые (радий, ураний и полоний) (радиоактивные $\alpha$ -, $\beta$ - и $\gamma$ -лучи)	0,10 »	Пока не обнаружены в солнечной радиации							
l) Три-ультрафиолетовые, или открытые в 1896 г. рентгеновские лучи (x-лучи)	0,014 »														

Солнечный свет содержит все лучи, начиная от ультракрасных (b) и кончая ультрафиолетовыми, для которых приведена длина волны также и в единицах Ангстрема (1 единица Ангстрема =  $\frac{1}{10000000}$  мм =  $10^{-7}$  мм). Пропусканием солнечного луча через оптическую решетку (взамен призмы) солнечный луч, разлагаясь на простые лучи, образует нормальный спектр, в котором соблюдены пропорциональности между расстояниями в спектральной полосе и длинами волн, так что каждой точке на спектральной полосе соответствует определенная длина волны.

<sup>1</sup> Между самой короткой волной электрического луча и самой длинной волной теплового (ультракрасного) луча находится огромный промежуток (от 3 мм и до 60 мк).

Солнечный спектр—длинная полоса, действительные концы которой еще неизвестны. Каждая поперечная линия в этой полосе является представителем лучистой энергии, характеризующейся определенной длины волны и известным числом колебаний в единицу времени.

Сравнительно весьма небольшой отрезок этой полосы содержит лучи, действующие на сетчатую оболочку нашего глаза; это—лучи света видимого, физически ничем существенным не отличающегося от остальных частей полосы; особый интерес к ним объясняется скорее на почве физиологической, чем на основе физической. Эти лучи лежат между фраунгоферовыми линиями *A* и *H*. По обе стороны этого отрезка лежат невидимые лучи: влево от красных—ультракрасные и вправо от фиолетовых ультрафиолетовые.

Лучи с самой длинной волной (герцовские), не обнаруженные пока в солнечной радиации, как известно, передают в настоящее время с невероятной быстротой человеческую мысль через воздух по всему земному шару, путем радиостанций. Электрические волны эти служат для передачи ощущений также и в животном мире, в частности среди насекомых. По новейшим исследованиям (1923 г.) английского ученого, проф. Л а у р е н с а Х о р л я, занявшегося вопросом о том, каким образом самка насекомого призывает к себе самца иногда на расстояние нескольких километров, установлен тот факт, что насекомые для полового акта также сообщаются между собой беспроволочным телеграфом, причем чувствительные щупальцы (антенны) воспринимают электрические волны.

Самые же короткие лучи, рентгеновские, открытые в 1896 г. Р е н т г е н о м, находят себе большое клиническое применение.

Следующие за ними радиоактивные лучи (в 0,1 мк), пока еще не вполне исследованные (преимущественно супругами К ю р и) и состоящие из  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -лучей, уже используются в медицине. Кроме того, радиоактивные  $\gamma$ -лучи, однородные с рентгеновскими, как показывают лабораторные опыты, могут применяться для ускорения проращивания семян и ускорения созревания плодов.

Ультрафиолетовые лучи в самых широких размерах привлечены на службу человеку: они дают фотографии, белят муку и канифоль, стерилизуют молоко и питьевую воду, ускоряют созревание овощей, делают «старым» молодое вино и т. д.

Эти лучи смертельны для микроорганизмов и бактерий; на высшие же организмы, в частности на человека, оказывают весьма благоприятное действие и применяются для лечения кожных болезней (*scopus* и *psoriasis*).

Солнечный загар—это химическая защита от света.

Так как стекло поглощает ультрафиолетовые лучи и, значит, почти непроницаемо для них, то у ведущих сидячую жизнь дома нет загара лица, в непроветриваемых зданиях часты болезни, и в помещении с закрытыми окнами трудно приготовить хорошие фотоснимки.

Ультрафиолетовые лучи принимают отчасти участие и в разложении  $\text{CO}_2$  зелеными растениями, но, главное, они—возбудители роста растений, и в этом направлении с ними предприняты Вашингтонским департаментом земледелия с 1913 г. интересные опыты, причем эти лучи получают накаленными парами труты с помощью ламп, сделанных из кварца.

Установлено также, что под влиянием ультрафиолетовых лучей воздух подвергается особому изменению, которое может быть рассматриваемо как ионизация воздуха, причем в воздухе появляются электрически деятельные движущиеся центры, которые названы проф. Л е н а р д о м (Lenard) «носителем электричества», обуславливающими рассеивание электрического заряда наэлектризованных предметов; кроме того, при этом образуется озон и возникают центры сгущения водяных паров.

Солнечный свет, проходя до земли через атмосферу, частью поглощается водяными парами и углекислотой, на что таким путем расходуются лучи как с большой (т. е. ультракрасные), так и с малой длиной волны (т. е. ультрафио-

летевые), идущие на нагревание атмосферного воздуха. В частности, углекислотой воздуха поглощается 16% тепловых лучей, преимущественно длиной волны между 2,3 и 4,8 мк, а при длине между 12—20 мк углекислотой поглощается все тепло.

Затем часть солнечного света диффузно рассеивается частицами самой атмосферы и взвешенными в ней облаками, пылинками и другими мелкими частицами; при этом рассеиваются преимущественно синие, фиолетовые и ультрафиолетовые лучи, особенно же при косом падении солнечных лучей, когда они пронизывают большую толщину атмосферы; при этом в составе солнечного света остаются главным образом свободно пропускаемые воздухом красные лучи. Отсюда следствием являются: красная окраска захода и восхода солнца и синева удаленного от солнца небесного свода, в котором голубые и другие сильно преломляющиеся лучи подвергаются диффузному отражению.

Атмосфера задерживает гораздо больший процент лучей с короткими волнами (синих, фиолетовых и ультрафиолетовых), чем лучей с длинными волнами (красных и ультракрасных), пропуская ультрафиолетовых лишь 45%, желтых—73%, красных—89% и ультракрасных—до 93%.

Эта неодинаковая пропускаемость различных лучей атмосферой, точно определенная Ланглеем (Langley), представлена в следующей таблице, показывающей зависимость коэффициента прозрачности ( $k$ ) от длины волны (в мк) ( $h$ ):

Коэффициент $k$ и длина волны $h$	Ультрафиолетовые	Ультрафиолетовые	Фиолетовые	Голубые	Зеленые	Желтые	Оранжевые	Красные	Ультракрасные (тепловые)				
$h$ . .	0,358	0,383	0,416	0,440	0,468	0,550	0,615	0,781	0,870	1,010	1,020	1,050	2,290
$k$ . .	0,449	0,531	0,600	0,636	0,677	0,754	0,781	0,844	0,871	0,891	0,905	0,919	0,926

Как видно, красные и ультракрасные лучи проходят сквозь атмосферу с потерей не более 1—5% своей энергии. Поэтому, по мнению Ланглейя, если бы мы могли подняться до предела атмосферы, то солнце показалось бы нам окрашенным в ярко-голубой цвет.

Предполагают, что на границе земной атмосферы поверхность в один квадратный сантиметр, поставленная перпендикулярно к солнечным лучам, получает в 1 минуту 3 ккал тепла<sup>1</sup>.

Это напряжение солнечной радиации называется солнечной постоянной.

На поверхности же земли полуденная радиация солнца достигает всего 1,4—1,5 ккал [так, Одесса—1,43, Киев—1,39, Павловск—от 0,85 (декабрь) до 1,45 (в мае), Шпицберген—1,29, а на высотах гор она поднимается до 1,615 ккал; так, на вершине Зонблика (3106 м над уровнем моря) и на Монте-Роза (4560 м)—1,60 и на Тенерифе при высоте 3688 м над уровнем моря—1,615 ккал].

При благоприятной погоде Ланглей получил у поверхности земли лишь 1,81 ккал на 1 см<sup>2</sup> в минуту; следовательно, 3—1,81, то есть 1,19 ккал, или 0,4 ккал поглощены атмосферой.

При малом угле падения солнечных лучей и особенно при большой облачности поглощение тепла атмосферой еще значительнее. По мнению А. Воейкова, среднее поглощение не менее 0,6, т. е. до поверхности земли прямо доходит лишь 0,4 того количества солнечного тепла, которое получается у границы земной атмосферы.

<sup>1</sup> Килокалорией называется, как известно, количество тепла, способное нагреть 1 кг чистой воды от 0 до 1°.

Ультрафиолетовых лучей достигает до земли только незначительная часть; тем не менее даже и такое ограниченное количество доходящих до земли ультрафиолетовых лучей играет весьма важную роль в биологической жизни земли.

Измерения (Э б н е я) яркости солнечного спектра при различных высотах солнца над земной поверхностью дали следующие результаты, принимая за 100 яркость солнечного света у границы атмосферы:

Высота солнца . . . . .		90°	30°	11,3°	7,3°	у горизонта
Толща атмосферы . . . . .		1	2	5	8	32
Яркость света солнца . . . . .		84	70	42	21	0,2
В том числе:	микрон					
Красные лучи . . . . .	0,76	95	91	77	66	10,7
Оранжевые . . . . .	0,66	87	75	49	32	0,1
Синие . . . . .	0,41	74	54	22	9	0
Фиолетовые . . . . .	0,38	51	25	3	0	0

Так как по мере приближения к полюсу высота солнца над поверхностью земли все более и более уменьшается (под полюсом высота солнца над землей колеблется в году между углами падения от 0 до 23,5°) и лучи солнца проходят все большую толщу атмосферы, то из приведенных данных видно, насколько в высших широтах ослабляется солнечный свет вообще и как сильно беднеет солнечный свет, в особенности лучами с короткими волнами—синими, фиолетовыми и ультрафиолетовыми.

Наоборот, в горах солнечный свет ярче и гораздо богаче названными лучами, чем в равнинах, и в особенности по сравнению с северными широтами, в чем и заключается существенное отличие природы горных высот против крайнего севера. Отсюда, в частности, на высоких горах и является быстрый загар лица.

Более полное представление по этому предмету дают следующие данные А н г о о количестве общей солнечной радиации (в виде тепла), получаемой за целый год различными параллелями земли, при коэффициенте пропускания атмосферы, равном 1 (т. е. полная прозрачность) и 0,6, в сопоставлении с данными А р р е н и у с а:

Коэффициент пропускания	Экватор	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
При коэффициенте пропускания 1 . . . . .	350	345	331	308	277	240	199	166	150	145
То же 0,6 . . . . .	170	166	155	138	115	91	67	48	34	28
По Аррениусу . . . . .	270	266	253	232	205	173	140	113	98	93

Те же данные, выраженные для разных широт в процентах от инсоляции экватора:

При коэффициенте пропускания 1 . . . . .	100	99	95	88	79	69	57	47	43	41
То же 0,6 . . . . .	100	98	91	81	68	53	39	28	20	16
По Аррениусу . . . . .	100	99	94	86	76	64	52	42	36	34

Высшие широты обделены солнечным теплом; их условия были бы еще более неблагоприятны при отсутствии диффузного лучеиспускания атмосферы, отражающего на землю косые лучи прямого солнечного света.

Что касается химического действия солнечного света, то не все реакции, происходящие под влиянием света, могут служить выразителями фотохимической энергии лучей; эту роль могут вполне выполнять только реакции эндотермические, то есть сопровождающиеся поглощением теплоты, как например работа света в зеленом листе по разложению углекислоты или работа света при разложении хлористого серебра, тогда как в реакциях экзотермических происходит выделение теплоты (например, образование от действия света соляной кислоты из смеси хлора и водорода, многочисленные явления окисления при фотографировании, образование солей серебра и т. д.). В этих реакциях свет хотя и вызывает действие, но, по Б е р т е л о, здесь он играет роль спички, воспламеняющей костер.

Наблюдения над эндотермическими реакциями показали (например, разложение  $\text{CO}_2$ ), что наиболее сильные действия обуславливаются лучами синими, фиолетовыми и ультрафиолетовыми, что и привело к представлению о них, как о химических лучах, или (у метеорологов) актинических. Но в настоящее время это представление совершенно оставлено, так как оказалось, что способностью вызывать химические реакции обладают все лучи солнечного спектра, даже и ультракрасные.

Произойдет ли в данном веществе химическая реакция при действии определенных лучей спектра, зависит от способности вещества поглощать эти лучи, а при его неспособности—от примеси к нему другого вещества, так называемого сенсibilизатора, способного поглощать эти лучи спектра.

Наибольший практический интерес вызвало к себе действие света на галоидные соединения серебра, . е. на хлористое, бромистое и йодистое серебро, так как на этом фотохимическом процессе основана фотография. Названные соли серебра от действия света подвергаются разложению, химический характер которого, впрочем, еще не выяснен детально.

Хлористое серебро чувствительнее всего к фиолетовым лучам и гораздо менее к синим; на бромистое серебро действуют и зеленые лучи и на йодистое—фиолетовые и синие лучи.

Примешивая же к хлористому серебру известный сенсibilизатор, поглощающий определенные лучи спектра, хлористому серебру дается способность разлагаться от действия также и этих лучей; так, от примеси хлористого цианина хлористое серебро разлагается в красных и оранжевых лучах; от примеси эозина, поглощающего зеленые лучи, происходит разложение хлористого серебра в зеленых лучах. Найден сенсibilизатор, благодаря которому возможно фотографирование даже в ультракрасных лучах (с той, впрочем, особенностью, что на фотоснимках даже старого человека нет на лице ни одной морщинки, словно этот снимок сделан с мраморного бюста: кожа человека при этом отражает все ультракрасные лучи, как мрамор).

Самый грандиозный фотохимический процесс, однако, происходит в природе: хлорофилл листьев, как химическое вещество, от действия света разлагает  $\text{CO}_2$ , с выделением  $\text{O}_2$  и усвоением С, который в соединении с  $\text{H}_2\text{O}$  дает органические вещества, менее богатые кислородом и потому способные гореть (в печи или в животном организме), причем в форме теплоты выделяется та химическая энергия, которая образовалась за счет первоначально поглощенной лучистой энергии солнца. Но человеческая мысль в области изучения фотохимических процессов обратилась не к этому грандиозному феномену, а направилась сперва на реакцию действия света на галоидные соединения серебра, открытую в 1839 г. Д а г е р р о м.

Б у н з е н у и Р о с к о принадлежат классические работы в области фотометрии по фотографическому способу. С помощью прибора, называемого инсолятором, ими определялась сила света по времени, потребному для почернения хлоросеребряной бумаги до определенной густоты тона.

Для различных высот солнца оказалась при этом следующая интенсивность, или, точнее, химическая напряженность, как диффузного света неба, так и прямого солнечного света:

Высота солнца	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Диффузный свет неба	3	15	28	32	36	38	39	40	40	40
Прямая инсоляция	0	0,5	10	30	56	82	105	125	135	138

Как видно из данных, при высоте солнца над горизонтом в 30° и ниже, преобладающее значение имеет радиация неба; при высоте же солнца, равной 50°, земля получает диффузного света от неба почти половину того света, который исходит от прямых лучей солнца. При высоком же стоянии солнца (60° и более) радиация неба, оставаясь почти неизменной, играет уже небольшую роль по сравнению с прямой инсоляцией, составляя лишь 0,33—0,25 доли последней.

По этим данным вычислено полное количество света, доставляемого земле солнцем и небом за сутки в любое время года для различных географических широт.

Так, в весеннее равноденствие (19 марта) за сутки падает на землю (в сотнях условных световых единиц Бунзена):

Место	Широта	Химическая напряженность света			
		солнца	неба	полная	в том числе диффузия света (%)
Полнос	90°	0	20	20	100
О. Мельвиль	75°	12	106	118	89
Петербург (Ленинград)	60°	89	164	253	65
Самара	55°	145	182	327	55,6
Гейдельберг (Кременчуг)	49°	182	191	373	51
Неаполь	41°	266	206	472	43,6
Каир	30°	364	217	581	37,3
Бомбей	19°	438	228	666	34
Коста-Рика	10°	475	226	701	32,2
Квито	0°	489	227	716	31,7

По тем же данным Бунзена и Роско вычислено Себелиным<sup>1</sup> полное количество света, доставляемого солнцем и небом за сутки в день летнего солнцестояния (23 июня):

Место	Широта	Химическая напряженность света			
		солнца	неба	полная	в том числе диффузия света (%)
Полнос	90°	362	398	760	52
О. Мельвиль	75°	446	371	817	45,4
Петербург (Ленинград)	60°	621	305	926	32,9
Харьков	50°	726	285	1011	28,8
Эривань	40°	796	271	1067	25,4
Каир	30°	891	258	1148	22,5
	20°	777	245	1022	23,8
Коста-Рика	10°	709	234	945	27
Квито	0°	607	220	827	26,7

<sup>1</sup> Проф. I. Sebelien. Распределение инсоляции на северном полушарии во время летнего солнцестояния. «Метеоролог. вестник», 1905, стр. 264, Phil. Mag. 1904, 1, p. 351.

Малых калорий

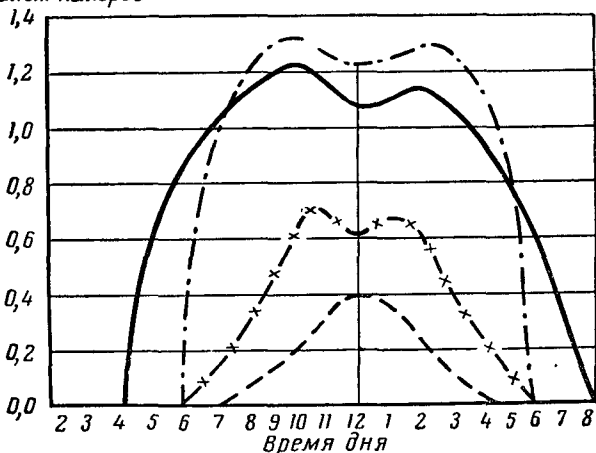


Рис. 30. Суточный ход тепловой радиации.

Следовательно, экваториальные страны получают огромное количество химической энергии от прямых лучей солнца; так, в день весеннего равноденствия они получают в 40 раз большую энергию, чем вблизи полюса, а в день летнего солнцестояния в 1,4—2,1 раза больше.

По мере движения от экватора к полюсам рассеянный дневной свет все более и более вступает в роль и в весеннее равноденствие перевешивает прямую инсоляцию, начиная с 49° с. ш. На широте примерно Киева и Харькова весной получают от неба и от солнца одинаковые количества химической энергии света; в средней и северной части СССР весной главная часть этой энергии получается от диффузного света; так, от прямой радиации солнца Полтава получает 0,33, а Ленинград 0,20 энергии, получаемой экватором; благодаря же диффузному свету эти дроби возрастают соответственно до 0,5 и 0,33.

Во время летнего солнцестояния (23 июня) количество рассеянного света, начиная от экватора и до средних широт, увеличивается ровно и медленно; с 55° параллели оно начинает подниматься сильнее, а в высших широтах это увеличение опять слабеет. Количество прямой радиации, поднимаясь от экватора, достигает максимальной величины при 30° с. ш. и затем опускается быстро по направлению к полюсу.

В то время как химическая энергия рассеянного света на полюсе в день летнего солнцестояния почти вдвое больше, чем на экваторе, + химическая напряженность прямого света имеет на экваторе по сравнению с полюсом почти вдвое большую величину, а на 30° с. ш. — в 2,4 раза большую величину.

Следовательно, в общем северные части земли, при допущении безоблачной атмосферы, находятся относительно химической энергии света летом не в таких уже неудовлетворительных условиях, как можно было бы предполагать по измерениям Эбнея.

Главные выводы исследований над солнечной радиацией следующие:

1) солнечный свет состоит из множества лучей различной длины волны и различных свойств, и атмосфера неодинаково поглощает эти лучи;

2) рассеяние и отражение солнечных лучей атмосферой тем больше, чем короче длина волны; за исключением ничтожной доли радиации, теряющейся в междупланетной бездне, весь рассеянный свет остается в атмосфере; поэтому небесный свод — источник света и тепла для земли; чем больше в атмосфере водяных паров, облаков и других взвешенных частиц, тем больше радиация неба по сравнению с солнечной;

3) поглощенные атмосферой (преимущественно водяными парами и углекислотой) световые волны как большой длины (ультракороткие), так

и рассеянный (диффузный) свет с короткими волнами нагревает атмосферу и утепляют землю, а диффузный свет помогает и орошению земли.

Кривая химического действия различных лучей спектра, разлагающих галоидные соли серебра, имеет максимум в фиолетовых лучах полевее фраунгоферовой линии *H*. Это есть только кривая действия лучей спектра на названные серебряные соли. Различные другие вещества разлагаются, каждое, в тех лучах спектра, какие данным веществом поглощаются; специальных же химических лучей нет.

Кривая светового напряжения различных видимых лучей спектра имеет максимум около фраунгоферовой линии *D* в желтых лучах, как выделяющихся наибольшей яркостью, и затем она спускается на *A* и *H*.

В сущности, световая кривая выражает собой лишь физиологические свойства человеческого глаза.

Что касается тепловой энергии солнечного света, то, в отношении суточного ее хода, наблюдения показали, что в ясный безоблачный день полная радиация с восходом солнца постепенно возрастает, достигает максимума в околополуденные часы и затем падает к закату. При этом в графическом построении дневной ход радиации представляет довольно плавную кривую.

Для безоблачного январского дня эта кривая почти вполне отвечает теоретическому ходу.

В ясный июльский день ход радиации менее правилен: быстро увеличиваясь с восходом солнца (в 4 ч.), радиация достигает максимума около 10 часов; затем уменьшается к полудню и потом снова возрастает, достигая второго максимума около 14—15 часов дня, после чего она падает до заката. Уменьшение радиации в полуденные часы заключается, по-видимому, в накоплении водяных паров в атмосфере в это время.

Солнечная радиация в весенний день (в марте) замечательна тем, что в это время года максимум радиации несколько больше, чем летом.

Осенью радиация слабее летней и оба суточных максимума сближаются между собой, чтобы совершенно слиться зимой (рис. 30).

Годовой ход тепловой радиации по суточным количествам тепла, падающего на горизонтальную поверхность, еще не вполне определен. Считая все дни, он имеет два максимума—в начале мая и в половине июля, и минимум в декабре; если же принимать во внимание только ясные дни, то получается один максимум в июне (610 ккал) и минимум (80 ккал) в декабре (рис. 31).

Тепловая энергия различных лучей нормального спектра изучена Ланглеем с помощью устроенного им прибора, болометра, показывающего разность температур в 0,00001 долю градуса, причем длина обследованного спектра превосходила в 5 с лишком раз длину видимого спектра и исследовались лучи с длиной волны от 9,30 мк (т. е. от ультрафиолетовых) до 2,20 мк (т. е. до ультракрасных). В результате оказалось, что максимум тепловой энергии спектра лежит в желтых лучах.

Между тем прежде принимали, что максимальная температура соответствует ультракрасным лучам, согласно опытам Мелони, при которых употреблялась призма из каменной соли, поглощавшая, как и стеклянная призма, различно разные лучи и искажавшая самый вид спектра (крайне растягивала желтую, зеленую и некоторые другие части спектра).

Выше в кратких чертах изложены общие свойства солнечного света и его изменения в пространстве и времени.

Действие света вообще и в частности лучей различной длины волны на растительные процессы представляется кардинальным вопросом, который хотя и многократно подвергался исследованию, но все еще далек от выяснения.

Светолюбие древесных растений есть сложное явление, которое распадается на ряд простых, и для каждого отдельного физиологического процесса требовалось бы изучение отношения растения к свету с качественной и количественной стороны.



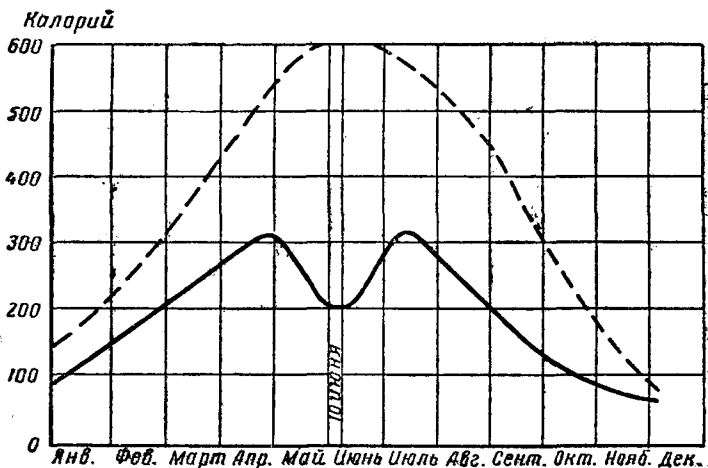


Рис. 31. Годовой ход тепловой радиации.

Свет потребляется растением на следующий ряд процессов:

- 1) на химический процесс образования хлорофилла и других пигментов;
- 2) на энергетическую реакцию фотосинтеза;
- 3) на транспирационный процесс; эти три процесса совершаются в листьях растения; кроме того, вне листа свет затрачивается растением:
- 4) на формативную работу—на рост наружных органов (в том числе и листьев) и внутренних тканей, изменяя форму и строение растения; в том числе затрачивается также на цветение и плодоношение;
- 5) на диосмотическую работу, заключающуюся в обмене веществ между клетками, и
- 6) на термическую работу, состоящую в нагревании растения, стимулирующем физиологические процессы, зависящие от тепла.

Все эти статьи расхода света в совокупности определяют световую потребность данной породы; из них, по количеству потребляемой лучистой энергии, важнейшими являются энергетическая, транспирационная и формативная затраты. Если бы мы знали количество лучистой энергии, затрачиваемой древесным растением на каждую из вышеупомянутых шести статей расхода или, по крайней мере, на последние три, как важнейшие, то решился бы вопрос о световой потребности деревьев различных пород, а также и частный вопрос, в какой степени фотосинтез, или транспирация, или формативный процесс определяют собой светолюбие дерева. Но современное состояние знания еще далеко от разрешения этих вопросов.

Остановимся вкратце на настоящем положении дела. Прежде всего на фотосинтезе. Хлорофилл листьев есть химическое вещество (пигмент), которое под влиянием света разлагает  $\text{CO}_2$ , освобождая  $\text{O}_2$  и ассимилируя  $\text{C}$ , образующий соединением с водой крахмал.

Значение хлорофилла в этом процессе, по-видимому, сводится к роли сенсibilизатора, поглощающего определенные лучи солнечного света. Какие именно лучи поглощаются хлорофиллом, дает ответ спектр хлорофилла, который представляет две полосы поглощения: одну—узкую, резкую полосу в красных лучах между фраунгоферовыми линиями *B* и *C* и другую—сплошную, хотя и неполное поглощение всех лучей вправо от линии *F* (т. е. голубых, синих и фиолетовых). При увеличении концентрации раствора хлорофилла получают еще три полосы поглощения: одна—между линиями *C* и *D*, вторая—вправо от *D* и третья—перед линией *E*. Через концентрированный раствор хлорофилла проходят только крайние красные лучи (между *A* и *B*) и часть зеленых.

Опытами К. А. Тимирязева доказано и другими исследователями подтверждено, что максимум разложения  $\text{CO}_2$  лежит в красных лучах между *B* и *C*, т. е. в лучах, особенно энергично поглощаемых хлорофиллом. В красных лучах между *A* и *B* разложения  $\text{CO}_2$  нет; в лучах же желтых около *D* оно уменьшается и, не доходя до линии *E*, прекращается. Затем не столь энергичное разложение  $\text{CO}_2$  происходит в синих и фиолетовых лучах между *F* и *H*, составляя, по Тимирязеву, всего около 14% разложения в красных лучах; следовательно, синие и фиолетовые лучи хотя и поглощаются хлорофиллом, но слабо разлагают  $\text{CO}_2$ , вероятно по недостаточности тепловой энергии.

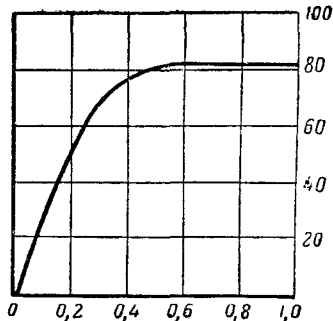


Рис. 32. Зависимость разложения  $\text{CO}_2$  от света.

Количественная сторона вопроса о зависимости разложения  $\text{CO}_2$  от света также достаточно выяснена. С увеличением интенсивности света возрастает количество разложенной углекислоты сперва быстро, затем все более и более медленно, достигает предельной величины приблизительно около половины (0,6) прямой солнечной инсоляции и затем делается стационарным (рис. 32).

Увеличение интенсивности света свыше половины полного прямого солнечного света не оказывает никакого влияния на количество разлагаемой  $\text{CO}_2$ , так что для нормального хода ассимиляции достаточно 0,5 прямого солнечного света.

Разрешение же первой задачи, а именно количественного и качественного учета энергии, необходимой на образование хлорофилла, еще недостаточно выяснено.

Потребление света на транспирацию пока мало затронуто точным исследованием даже с качественной стороны. Несомненно, на эту работу затрачиваются растением не только те лучи спектра, которые поглощаются хлорофиллом, но и все остальные лучи света (тепловые), и возможно, что максимум транспирации происходит в желтых лучах, как обладающих наибольшей тепловой энергией.

Исследований количественного учета потребления света на эту работу у древесных растений до настоящего времени совершенно не производилось.

Между тем не подлежит сомнению, что деревья потребляют солнечный свет главным образом на транспирационный процесс, и, разумеется, световая потребность древесных растений определяется преимущественно затратой лучистой энергии именно на этот процесс, а не на фотосинтез. По исследованиям Brown'a и Esomb'a над некоторыми травянистыми растениями, количества лучистой энергии, затрачиваемой растением на транспирацию и ассимиляцию, относятся между собой: при полном освещении, как 55 : 1, и при диффузном свете, как 34 : 1.

Очевидно, даже травянистое растение есть снаряд, по преимуществу водоиспаряющий, и лишь в слабой степени—производитель органического вещества.

Еще в большей степени надо сказать это в отношении древесной растительности.

Известный германский лесовод Теодор Гартиг первый обратил в 1877 г. внимание на важность для лесоводства измерения силы света, признавая, что без фотометрических измерений нет научного обоснования для важнейших мер ухода и лесовозобновления, и он первый применил фотографический способ для определения сравнительной силы света в лесонасаждениях.

Затем венский физиолог В и з н е р (J. Wiesner) посвятил почти полу-столетие исследованиям над потреблением света растениями, сведя итоги своих работ в 1907 г. в капитальном труде «Der Lichtgenuss der Pflanzen», Leipzig, 1907.



Рис. 33. Падение интенсивности света от периферии кроны в глубь ее.

При своих исследованиях Визнер для определения интенсивности света применял метод Бунзена и Роско, значительно упростив необходимый прибор—инсолятор и пользуясь при этом секундомером и фотографической бумагой, обработанной хлористым серебром.

Основанием метода послужил закон Бунзена, что степень потемнения светочувствительной бумаги прямо пропорциональна интенсивности света и продолжительности его действия.

За единицу меры им принято количество света, необходимое для того, чтобы в одну секунду бумага приняла нормальный (серый) тон.

Если получение этого тона достигается при экспозиции в 2 секунды, то интенсивность света принимается равной 0,5, при 4 секундах экспозиции—равной 0,25 и т. д.

Для уточнения измерения очень интенсивного света, а также в целях сокращения времени экспозиции бумаги Визнером, кроме нормального тона, установлена шкала в 10 тонов.

Если обозначить интенсивность освещения растения или исследуемой его части через  $i$ , а силу полного дневного света через  $J$ , то отношение между этими двумя величинами  $\frac{i}{J}$  представляет дробь, показывающую, какая часть общего дневного света, падающего в данное время, приходится на долю растения. Это отношение Визнер назвал относительным световым довольствием, обозначив его буквой  $L$ .

Так, если  $i = 0,25$ , а  $J = 0,75$ , то  $L = \frac{0,25}{0,75} = 1/3$ , т. е. световое довольствие растения составляет 0,33 дневного света.

Измерения производились в полуденные часы. Интенсивность общего дневного света измерялась на открытом месте и наряду с тем определялась интенсивность света внутри кроны дерева, причем избирался здесь такой пункт, где прямой солнечный свет отнюдь не имел доступа; преимущественно инсолятор устанавливался там, где ветвь на стволе или на большом суке отмирает от недостатка света.

В летнее время у взрослых деревьев более или менее густым ветвлением, удлинением побегов или образованием укороченных побегов, постепенным сбрасыванием листьев, засыханием и отделением ветвей, иногда особой установкой листовых пластинок по направлению к солнечным лучам (например, робиния) и различными другими путями создается в кроне то или иное постоянное освещение, и минимум этого освещения ( $L_{\min}$ ) может характеризовать потребность дерева в свете.

Можно заметить, что такое определение световой потребности есть не что иное, как определение силы освещения в тени растения; это есть мера густоты облиствения кроны, возможной при данных условиях дневного освещения, путем измерения лучей, действующих на светочувствительную бумагу.

Произведенные Визнером предварительные измерения интенсивности в различных частях кроны деревьев и в разное время дня и вегетационного периода показали, что эта интенсивность изменяется таким образом:

1) Интенсивность света быстро падает от периферии кроны в глубь ее и от вершины к середине кроны (рис. 33).

2) Внутри кроны в полдень бывает минимум света, при двух максимумах, из которых один—около 8 часов, а другой—около 16 часов (рис. 34).

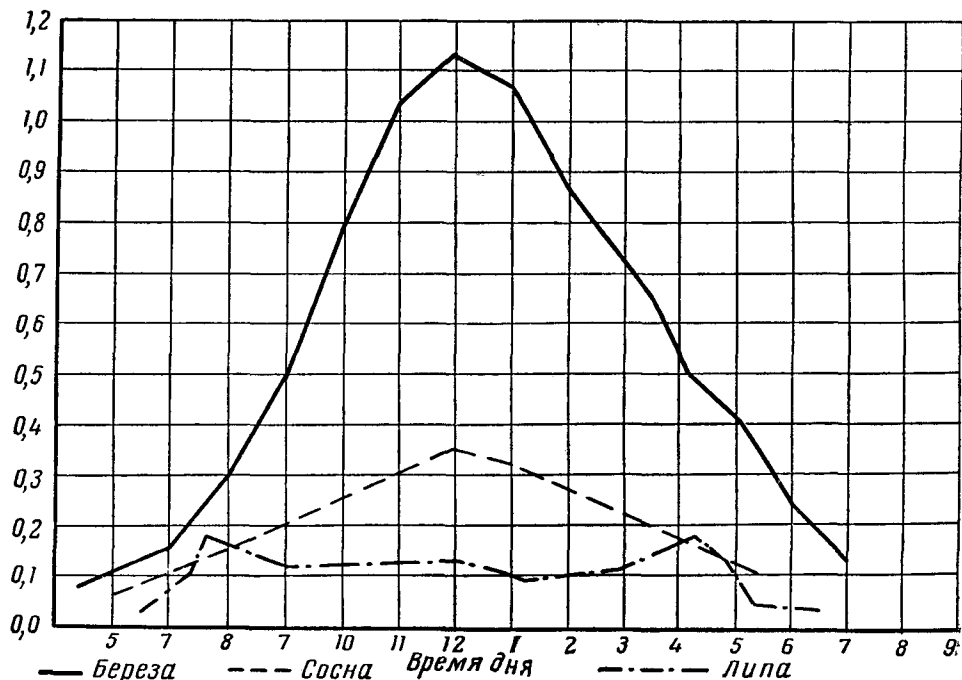


Рис. 34. Изменение интенсивности света внутри кроны (по методу Визнера).

Это указывает на то, что листва и архитектура ветвления наших деревьев приспособлены улавливать свет, когда солнце занимает высшее (зенитное) положение.

Исключение составляют лишь некоторые иноземные породы, как белая акация, у которой листья избегают сильной инсоляции и в солнечные дни располагают листовые пластинки параллельно падающим лучам, так что в кроне в полдень бывает максимум освещения.

3) Внутри кроны лиственных пород от начала весеннего распускания листьев и до полного облиствения дерева полуденный минимум света постепенно уменьшается, что, по-видимому, связано с затратой химически действующих лучей на рост листьев и побегов. Достигнув низшего своего предела летом, полуденный минимум снова поднимается осенью, что, очевидно, обуславливается постепенным прекращением роста листовых пластинок и побегов, а также началом сбрасывания листьев (рис. 35).

4) В кроне молодых деревьев интенсивность света весьма высокая, с возрастом же дерева и, следовательно, с разрастанием его кроны она падает до времени очищения ствола от живых сучьев, а затем интенсивность света внутри кроны

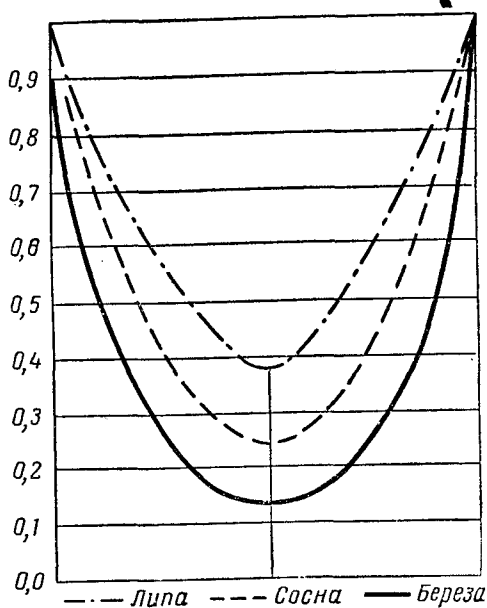


Рис. 35. Полуденный минимум в кроне.

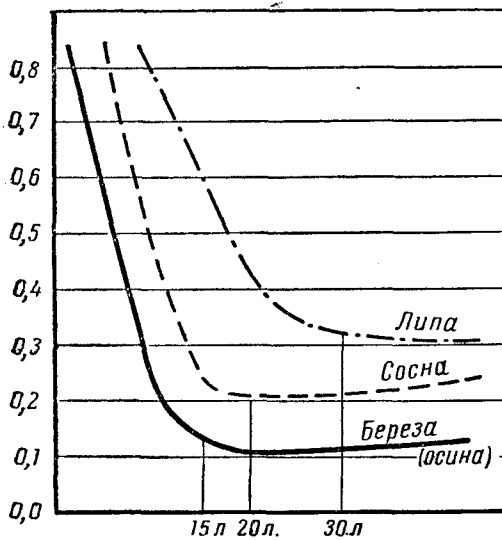


Рис. 36. Интенсивность света внутри кроны.

остается постоянной, соответственно породе данного дерева, создающего, как сказано выше, в своей кроне разнообразными путями стационарное освещение (рис. 36).

Найденные полуденные минимумы света внутри кроны деревьев различных пород Визнер принял в основу своей группировки деревьев по световой их потребности, полагая, что чем ниже этот минимум, тем больше приспособленность растения к затенению.

По исследованиям, произведенным под Веной с мая до половины июня, получилась следующая группировка разных пород, представленная в следующей таблице.

Таблица светолюбия древесных пород по данным Визнера, работавшего около Вены с середины мая до середины июня, и Хессельмана, производившего исследование в Швеции

		Относительное световое довольствие
<i>Buxus sempervirens</i>	Свободное дерево	1/108
<i>Taxus baccata</i>	» »	1/100
<i>Fagus sylvatica</i>	» »	1/85
» »	Сомкнутое насаждение	1/60
<i>Aesculus hippocastanum</i>	Свободное дерево	1/83
» »	Сомкнутое насаждение	1/57
<i>Carpinus betulus</i>	» »	1/56
<i>Acer platanoides</i>	» »	1/55
» <i>campestre</i>	Свободное дерево	1/43
» <i>Negundo</i>	» »	1/28
Пихта	» »	1/35
Липа	» »	1/40
<i>Picea excelsa</i>	» »	1/32
» »	» »	1/30,5 Хессельман
<i>Quercus pedunculata</i>	Сомкнутое насаждение	1/26
» »	» »	1/20 Хессельман
» <i>robur</i>	» »	1/20
<i>Juniperus communis</i>	» »	1/20 Хессельман
<i>Thuja occidentalis</i>	» »	1/20
<i>Corylus Avellana</i>	» »	1/19 Хессельман
<i>Populus alba</i>	Отдельное дерево	1/15
» <i>nigra</i>	» »	1/11
» <i>tremula</i>	» »	1/7,4 Хессельман
» <i>monilifera</i>	» »	1/6
<i>Pinus nigra</i>	} (группа)	1/11
» <i>Laricio</i>		
» <i>silvestris</i>		
<i>Betula verrucosa</i>	Отдельное дерево	1/9,5 Хессельман
<i>Sorbus aucuparia</i>	» »	1/9 (1/7 Хессельман)
<i>Fraxinus excelsior</i> (группа)	» »	1/7 Хессельман
<i>Larix decidua</i>	Отдельное дерево	1/5,8
Белая акация	» »	1/5—1/6,5
		1/5

		Относит. светов. довольств.
<i>Acer platanoides</i>	Вена, 48° с. ш. . . . .	1/55
» »	Гамер, Норвегия, 60° 50' с. ш. . . . .	1/37
» »	Дронтгейм, 63,5° с. ш. . . . .	1/28
» »	Тромсе, 69,5° с. ш. . . . .	1/5
<i>Betula verrucosa</i>	Скандинавия, 66° с. ш. . . . .	1/4
» »	а в Вене . . . . .	1/9
» <i>pubescens</i>	Скандинавия, 70° 39' с. ш. . . . .	1/4
» »	Тромсе, 69,5° с. ш. . . . .	1/10
<i>Sorbus aucuparia</i>	Гаммерф., 70° 39' с. ш. . . . .	1/1,4
» »	Тромсе, 69,5° с. ш. . . . .	1/75 (1/3—1/8)
» »	Гетеборг, 58° с. ш. . . . .	1/15
» »	Вена, 48° с. ш. . . . .	1/28
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Дронтгейм, 63,5° с. ш. . . . .	1/8
<i>Picea pungens</i>	Сольт—Лек—Сита, высота над уровнем моря 4000 футов <sup>1</sup> . . . . .	1/70
» »	Иеллоустонский парк, высота над уров- нем моря 8000 футов . . . . .	1/63
<i>Acer saccharinum</i>	Идахо, высота над уровнем моря 4000 футов . . . . .	1/40
» <i>dasycarpum</i>	Идахо, высота над уровнем моря 4000 футов, . . . . .	1/21
» »	а в долине . . . . .	1/40
» <i>glabrum</i>	Иеллоустонский парк, высота над уров- нем моря 6000 футов . . . . .	1/30
<i>Pseudotsugo taxiloia</i>	Иеллоустонский парк, высота над уров- нем моря 6000 футов . . . . .	1/20
<i>Populus balsamifera</i>	Колорадо, высота над уровнем моря 6000 футов . . . . .	1/16
» <i>alba</i>	Идахо, высота над уровнем моря 4000 футов . . . . .	1/10
» <i>deltoides</i>	Монтана, высота над уровнем моря 3100 футов . . . . .	1/9
» »	Колорадо, высота над уровнем моря 6000 футов . . . . .	1/4
<i>Pinus contorta</i>	Иеллоустонский парк, высота над уров- нем моря 8500 футов . . . . .	1/6,4—1/6,9
» »	Иеллоустонский парк, высота над уровнем моря 6400 футов . . . . .	1/6
» <i>Murrayana</i>	Иеллоустонский парк, высота над уровнем моря 6400 футов . . . . .	1/6

Можно отметить в этой группировке:

- 1) клен остролистный—очень теневынослив, наряду с грабом;
- 2) ясень—весьма светолюбив, превосходя в этом отношении осину, и
- 3) дуб—не особенно светолюбив (занимает среднее место в ряду).

Не лишне отметить также, что годовой максимум химической интенсивности в Вене (и Лондоне) бывает в июле, так что Визнер, производя работы с мая до половины июня, делал их рановато.

Независимо от того, интенсивность света определялась Визнером под древесным пологом насаждений для выяснения условий существования подлеска и подроста. Выводы по этому предмету следующие:

1) Нижний ярус может образовать в насаждении всякая порода, световая потребность которой не больше, чем у породы, образующей насаждение.

Например, ель произрастает под сосной или березой. В тени граба, при  $L = 1/58$ , Визнер наблюдал хороший подрост из граба, бука, полевого клена и дерна; бересклет же и черная бузина, как более светолюбивые, уже погибли.

2) Всякая порода может образовать нижний ярус, если минимум световой ее потребности меньше, чем интенсивность света под пологом насаждения.

<sup>1</sup> 1 фут=30,5 см—Ред.

Если свет под пологом настолько слаб, что приближается к этому минимуму, то листва у нижнего яруса расправляется в одной плоскости; даже в собственной тени листья уже не образуются. Отсюда зонтикообразность кроны у затененного подростка (например, у дуба под сосняком). Здесь от недостатка химически действующих лучей (т. е. с короткой волной) рост в высоту ослабевает до полного его прекращения.

Так как условия освещения растительности различны в разных климатических областях, то этим методом можно характеризовать также и фотоклиматические области.

Визнер производил свои фотохимические исследования в разнообразных местностях земного шара: в Вене, Каире, Буйтенцорге, Шницбергене и Северной Америке—и тем положил основу учения о географическом распространении растений в зависимости от степени освещения.

Между прочим, он установил, что с возрастающей географической широтой, то есть с убывающей температурой среды, световая потребность растений увеличивается. Так, для клена остролистного световое довольствие равно:

в Вене (48° с. ш.) . . . . .	1/55
» Гамер (Норвегия) (60° 50' с. ш.) . . . . .	1/37
» Дронтгейме (63,5° с. ш.) . . . . .	1/28
» Тромсе (69,5° с. ш.) . . . . .	1/5

Для рябины (*Sorbus aucuparia*) световое довольствие найдено:

в Вене (48° с. ш.) . . . . .	1/28
» Гетеборге (58° с. ш.) . . . . .	1/15
» Тромсе (69,5° с. ш.) . . . . .	1/5 (1/3—1/2)
» Гаммерфесте (70°39' с. ш.) . . . . .	1/4

Значит, чем дальше к северу и чем холоднее среда, в которой обитают растения, тем большая интенсивность света необходима для их существования.

Поэтому предельная граница распространения арктической растительности обусловливается скорее незначительной интенсивностью света, чем низкой температурой.

Арктический предел обитания растения характеризуется тем, что минимум светового довольствия растения достигает 1, то есть совпадает с полным дневным светом.

Поэтому карликовая береза на крайнем севере старается приютиться около скал, больших валунов и других камней, которые в течение вегетационного периода, нагреваясь днем, создают вокруг себя микросреду с повышенной температурой и, кроме того, механически защищают древесное растение от сильного ветра и, следовательно, от повышенной транспирации и затраты на нее лучистой энергии.

При поднятии в горы, то есть с увеличением высоты над уровнем моря, также наблюдается увеличение светолюбия растения вследствие понижения температуры среды, как и в полярных краях. В этом отношении обнаруживается некоторое сходство альпийской растительности с арктической. Но затем идет ряд характерных различий в фотохимическом климате обеих областей, резко выраженных также и на их растительности.

Так, в арктической области прямая радиация весьма незначительна, составляя лишь долю диффузного света от неба, тогда как в горных областях сила прямых лучей солнца нередко бывает втрое больше силы рассеянного света. Затем вообще с возрастающей высотой места над уровнем моря увеличивается интенсивность общего дневного света, а также усиливается химическая напряженность солнечного света благодаря увеличению количества лучей с короткими волнами (фиолетовых и ультрафиолетовых), вызывающих быстрый загар лица.

Поэтому горная растительность относится к потреблению света одинаково с арктической (т. е. с понижением температурной среды увеличивается

ее светолюбие) только до известной высоты над уровнем моря. Выше же этой границы минимум светового довольствия растения достигает определенной постоянной величины или, защищаясь от чрезмерной инсоляции на горных высотах, растения даже понижают свое светолюбие.

Так, для ячменя (*Hordeum jubatum*) наблюдалось:

	$L_{min}$
при 180 м . . . . .	1/9
» 515 » . . . . .	1/6
» 1946 » . . . . .	1/5
» 2500 » . . . . .	1/5

Для древесных пород повышение  $L_{min}$  с высотой над уровнем моря наблюдалось Визнером в Северной Америке на *P. pungens*, *Populus deltoides* и *Acer dasycarpum*. Обратное же понижение светолюбия с высотой констатировано у *Pinus Muirana*: световое довольствие, определенное при 1950 м в 1/6, падало до 1/6,4 и даже до 1/6,9 при 2590 м над уровнем моря.

Тогда как арктическая растительность тем больше потребляет света, чем дальше проникает к северу, альпийская делает это только до известной предельной высоты над уровнем моря; начиная с этого предела она потребляет меньшее количество имеющегося света.

Граница вертикальной высоты возможного произрастания растений, обусловленного светом, пока точно не установлена.

С убывающей географической широтой растительность поднимается на горах все выше и выше, благодаря чему она подвергается возрастающей интенсивности света, в особенности прямой радиации солнца. Поэтому вполне понятно произрастание светолюбов на горных высотах; так, в области распространения лиственницы она увеличивает свои высоты (Алтай, Урал, Альпы и т. д.).

Метод Визнера применялся в последнее время в лесоводстве многими исследователями: Linsbauer (в 1901 г.), Н. Hesselmann и Anderson в Швейцарии (в 1904 г.), Cieslar в Австрии (в 1905 г.), Weinzierl и Stebler в Швейцарии (в 1904 г.) и Ewert в Германии (в 1905 г.).

Оценка метода Визнера. Положенный в основу группировки растений полуденный минимум внутри кроны дерева обозначает тот предел освещения, который могут переносить побеги внутри кроны, и ничего не говорит о том предельном освещении, которое допускает существование всего дерева. Этот последний предел, по всей вероятности, выше той предельной величины, какая указана в группировке Визнера.

Так как на обработанную хлористым серебром бумагу действуют не все лучи солнечного спектра, а лишь немногие определенные лучи, именно с более короткими волнами, начиная от фраунгоферовой линии *D* до ультрафиолетовых, то методом Визнера измеряются лишь эти лучи, а не все лучи солнечного света.

Метод этот был бы целесообразен для определения световой потребности деревьев, если бы растениями поглощались все лучи солнечного спектра и притом в одинаковом количестве.

Между тем исследованиями Краузе, Энгельмана, Рейнке, Тимирязева и других установлено, что при усвоении света растением проявляется избирательная способность; так, на ассимиляцию потребляются в максимальном количестве красные лучи (между *B* и *C*) и затем голубые, синие и частью фиолетовые.

Это подтверждает уж один факт, что листья нам кажутся зелеными, т. е. окрашенными в цвет, дополнительный красному.

Если бы листья поглощали одинаково все лучи света, то они представлялись бы нам черными, как сажа.

Профессор Фогель в своем известном руководстве к фотографии замечает, что все выводы, которые делаются Визнером из его фотометриче-



ских измерений, просто-напросто ошибочны, так как развитие растения зависит не от фиолетовых, а от красных лучей. В своем отзыве Визнер говорит, что это возражение происходит только от незнакомства Фогеля с физиологией, потому что как раз процесс роста находится в зависимости от фиолетовых и смежных с ними лучей, равно как и явления движения (гелиотропизм).

Визнер прав, характеризуя в таком виде значение для растения исследуемых им лучей, и тем самым делается им самим правильная оценка его метода.

По взгляду Визнера, свет под пологом насаждения и свободный дневной свет отличаются между собой лишь интенсивностью, но почти не различаются по составу; поэтому если внутри кроны интенсивность лучей, действующих на светочувствительную бумагу, равна, например, 1/60 напряженности в дневном свете, то можно сказать, что все лучи спектра, от красных до ультрафиолетовых, ослаблены в древесном шатре также до 1/60. Этот взгляд и дал основание Визнеру предложить для определения светового довольствия деревьев примененный им фотографический способ.

По наблюдениям ботаника Цедербауэра 8 августа 1906 г. в 18 часов при облачном небе в Мариабрунне (под Веной), отдельными породами красные лучи пропускались в таком количестве:

Елью . . . . .	2 единицы	9,1%
Сосной . . . . .	12 единиц	51,1%
Лиственницей . . . . .	11 »	50,0%
Дубом . . . . .	10 »	45,5%
На открытом месте . . . . .	22 единицы	100%

(единицею меры приняты красные лучи бензиновой лампы силой в 1 метр—керце).

Также в различном количестве поглощаются разными породами оранжевые, голубые и другие лучи света.

Так, произведенные в 1906—1907 гг. Цедербауэром сравнительные исследования над спектральным составом лесного света и свободного дневного света показали, что древесные кроны при поглощении света обладают избирательной способностью, как и листья, что эта способность у разных древесных пород проявляется различно и что поэтому лесной свет существенно отличается от свободного дневного света по спектральному составу.

Однако Цедербауэр совершенно упустил из внимания, что спектральный состав солнечного света не постоянен, а существенно меняется в зависимости от высоты стояния солнца. Особенно большие различия в качестве света замечаются при низком стоянии солнца.

Поэтому при наблюдениях, имеющих целью установить пользование растением света, следует избегать фотометрических измерений утром и вечером, когда солнце находится на горизонте или вблизи него.

Затем, кроме высоты стояния солнца, на спектральный состав дневного света также огромное влияние оказывает и облачность неба. Это обстоятельство также не было принято во внимание Цедербауэром.

По измерению Цедербауэра 14 июня 1907 г., в 15 часов, при облачном небе, в Мариабрунне, различные лучи спектра пропускались кронами в таком количестве (в единицах, соответствующих части спектра бензиновой лампы силой в 1 метр—керце).

Порода	Красные	Оранжевые	Желтые	Зеленые	Голубые	Синие	Фиолетовые
Ель . . . . .	2	7	12	100	40	200	100
Сосна . . . . .	150	200	470	>500	>500	>500	200
Лиственница . . . . .	50	80	90	250	200	>500	100
Дуб . . . . .	24	50	100	100	150	250	50

Итак, теневыносливые (ель, пихта и бук) сильно поглощают сверхкрасных также лучи: оранжевые, желтые, голубые, зеленые, синие и фиолетовые.

Светолюбивые же сосна, лиственница и береза в довольно большом количестве поглощают лучи красные; голубые же и фиолетовые лучи—уже в меньшем количестве, чем теневыносливые, а синие лучи, по-видимому, абсорбируются ими еще в меньшем количестве. Следовательно, в сосняке с еловым подростом сосна пропускает для ели, хотя и немного, красные лучи, но зато предоставляет ей весьма много оранжевых, желтых и зеленых, а также голубых, синих и фиолетовых лучей, которые и используются елью.

Вторично фильтруясь через хвою ели, свет, проникший через еловый подрост, дает спектр, уже весьма бедный лучами красными, оранжевыми, желтыми, голубыми и синими, так что под густым еловым подростом света очень мало для каких-либо растений, кроме мхов, лишайников и т. п.

По предварительному исследованию с помощью ручного спектроскопа Ш т и г а (Steege) Цедербауэр<sup>1</sup> нашел, что буквое насаждение поглощает иные лучи, чем сосновое или дубовое. Как общее правило, все породы поглощают: красные лучи (между линиями *B* и *C*), но не в одинаковом количестве, затем поглощают голубые (около *F*) и фиолетовые (позади *H*).

Некоторые породы поглощают все лучи между *F* и *H* довольно сильно; другие породы очень мало усваивают синие лучи.

Характерным при этом является то, что светолюбивые породы—лиственница, сосна и береза довольно одинаково поглощают определенные лучи спектра, а именно красные, голубые и фиолетовые позади *H*.

Теневыносливые же породы—ель, пихта и бук сверх красных поглощают частью оранжевые, желтые, а затем в сильной степени все лучи от голубых до ультрафиолетовых.

Дуб, ясень и некоторые другие породы занимают среднее положение между упомянутыми светолюбивыми и теневыносливыми породами: они пропускают довольно много синих лучей у линии *G*.

Эти факты, разумеется, должны были привести исследователя к выводам, совершенно противоположным взгляду Визнера, и он настаивает на необходимости исследования в тени леса отдельных лучей спектра, указывая на то, что вопрос уже не в том, сколько света поглощает древесная порода, но сколько именно красных, зеленых, синих и других лучей спектра абсорбирует она.

Дальнейшие исследования Цедербауэра, произведенные точно с помощью спектрального фотометра системы В и н г е н а (A. Wingen) под пологом насаждений различных пород, обнаружили глубокие различия между древесными породами в отношении количества поглощения ими отдельных лучей солнечного спектра. Эти исследования показали, что теневыносливыми породами (ель, пихта, бук), по сравнению со светолюбивыми (сосной, лиственницей и березой), поглощаются:

- 1) красные лучи в 5—10 раз большем количестве и
- 2) в 2—10 раз сильнее голубые, синие и фиолетовые лучи.

На основании своих исследований Цедербауэр признает необходимым измерение под пологом леса всех лучей спектра, каждого отдельно, с помощью спектрофотометра.

Со своей стороны, надо добавить, что эти измерения надо производить:

- 1) при высоком стоянии солнца и
- 2) при отсутствии облачности неба.

На необходимость обращать внимание не только на количество, но и на качество света указывается также М. В а г н е р о м в работе «Pflanzenphysiologische Studien im Walde». Итак, для определения световой потребности деревьев метод Визнера является односторонним.

<sup>1</sup> Centralblatt für d. gesammte Forstwesen, 1907, Heft 8/9.

С помощью его учитываются только химически действующие лучи, играющие роль в процессах роста. Назначение этого метода—определение у растения формативной затраты лучистой энергии. При этом для сравнительных выводов надо иметь в виду, что начало, темп роста и окончание его в течение вегетационного периода различны у разных пород, так что для исследования требуется, так сказать, хронологический масштаб работы. Для примера можно указать на рано пробуждающуюся весной березу и на поздно развивающуюся ель: поглощение на рост коротких лучей у этих двух пород происходит в разное время года.

Еще резче эта разница должна выступить у одной и той же породы, имеющей две формы, например ранораспускающуюся и поздораспускающуюся форму обыкновенного дуба, ели, осины и других пород.

Хотя спектрофотометрические измерения дают возможность точно познать световую потребность деревьев различных пород на энергетическую реакцию—фотосинтез, тем не менее и фотографический метод, предложенный Визнером, ценен для учета затраты лучистой энергии на формативные процессы растения, в частности на рост ассимилятивного аппарата, т. е. листья. Кроме того, он заслуживает применения в лесоводстве и для выяснения многих других вопросов, к которым на практике приходится подходить глазомерно, ощущую; так:

1) при характеристике полноты насаждения и при решении задач о введении под полог данного насаждения подростка или подлеска той или иной породы;

2) о зависимости энергии роста нижнего яруса от количества освещения, предоставляемого ему верхним ярусом;

3) о степени изрежения насаждения, выраженной в процентном отношении количества задержанных пологом химически действующих лучей к общему дневному свету;

4) о ходе облиствения разных пород в течение вегетационного периода и т. п.

### ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВЕТОВОЙ ПОТРЕБНОСТИ ДЕРЕВЬЕВ

Сюда относятся работы В. Н. Любименко «О чувствительности хлорофиллоносного аппарата светолюбивых и теневыносливых растений» (Л. Ж., 1915, № 8 и 9 и 1906, № 1) и «Новые исследования об ассимиляции светолюбивых и теневыносливых пород» (Л. Ж., 1908, № 2).

Главная задача этих работ—определение энергии разложения  $\text{CO}_2$  листьями теневыносливых и светолюбивых пород при различной интенсивности света.

Постановка опытов такова:

В боковой стенке деревянного ящика, в котором помещалась газовая горелка Ауэра, против горелки имелось квадратное отверстие с матовым стеклом. С помощью подвижных медных пластинок, установленных перед стеклом, величина этого отверстия могла регулироваться от 0 до 100 см<sup>2</sup>.

Пучок света, проходивший через матовое стекло, пропускался еще через линзу, чтобы иметь цилиндрический пучок горизонтальных лучей света, падавших на пробирку с испытуемым листом, которая помещалась непосредственно за линзой.

Так как каждый отдельный опыт длился несколько часов (от 4 до 8, а то и до 16 часов), то для сохранения тургора листовой пластинки черешок листа помещался в стеклянный поплавок запаянной трубочки, наполненной водой, так что срез черешка во все время опыта находился в воде.

В пробирках с листьями атмосфера была искусственная из смеси  $\text{O}_2$  и  $\text{CO}_2$ , объемом по 5—10 см<sup>3</sup> в каждой пробирке, с количеством  $\text{CO}_2$  для опытов с хвойными растениями 4,36—8%, а для опытов с лиственными 7,4—7,45%.

Степень интенсивности света, применявшаяся при опытах, варьировала так:

а) свет Ауэровской горелки регулировался площадью квадратного отверстия, через которое он пропускался;

б) диффузный свет четырех степеней напряженности, регулируемых расстоянием испытуемого листа от отверстия с диффузным светом, и

в) прямой солнечный свет, падавший на испытуемые листья под острым углом к их поверхности и, наконец, перпендикулярно к пластинке.

Результаты исследования следующие:

1) Для начала разложения  $\text{CO}_2$  листа теневыносливой породы требуют значительно меньшей напряженности света, чем породы светолюбивые. Так,

для пихты	в 6 раз	меньше,	чем для	сосны
» липы	» 7	»	»	березы
» бука	» 20	»	»	лиственницы
» тисса	» 11	»	»	»
» сосны	» 2	раза	»	»
»	»	» 1,5	»	березы

По отношению к начальной интенсивности света, необходимой для ассимиляции, требовательность древесных пород представляется в таком виде, принимая потребность лиственницы за 1:

бук	20	сосна	2
тисс	11	береза	1,5
пихта	12	лиственница	1
липа	9	белая акация	0,8

2) Минимальная интенсивность света, при которой еще может существовать лист, а именно когда ассимилятивная его работа только что покрывает расход по дыханию, различна у отдельных пород.

Так, при минимальной для сосны интенсивности света (ассимиляция и дыхание = 1%), у пихты (*A. nobilis*) ассимиляция (равная 3,25%) превосходит ее дыхание (0,9%) в 3,6 раза и вместе с тем превосходит ассимиляцию сосны (=1%) в 3,25 раза. То же самое наблюдается относительно березы и липы: при минимальной для березы интенсивности света (ассимиляция и дыхание = 2,53%), у липы ассимиляция (равная 3,23%) превосходит ее дыхание (=2%) почти вдвое и вместе с тем превышает ассимиляцию березы (=2,53%) в 1,5 раза.

Принимая ту напряженность света, при которой ассимиляция  $S =$  дыханию, за минимум, необходимый для существования листа, древесные породы по своей световой потребности распределяются так: пихта, липа, сосна и береза.

3) Энергия ассимиляции у светолюбивых пород (лиственницы, сосны, березы и белой акации) повышается вместе с усилением интенсивности света до крайних пределов естественной инсоляции. У теневыносливых же (тисс, пихта, бук и липа), при известной интенсивности освещения, наблюдается оптимум ассимиляции и затем падение ее с усилением инсоляции.

4) Теневыносливые породы обладают более сильной концентрацией хлорофилла, чем светолюбивые<sup>1</sup>, поэтому у них для начального осуществления фотосинтеза требуется меньшая напряженность света, и при слабом освещении они ассимилируют углерод энергичнее, чем светолюбивые растения (так, при слабом диффузном свете липа и пихта ассимилируют энергичнее березы и сосны; см. рис. 37).

Надо, однако, заметить, что этот вывод существенно зависит от способа вычисления данных (у Любименко в результате отнесено количество разло-

<sup>1</sup> Степень концентрации хлорофилла В. Н. Любименко определяла по ширине полос поглощения в спектре спиртовой вытяжки из определенной навески живых листьев.

женной  $\text{CO}_2$  на 1 г живых листьев в один час работы в процентах от объема атмосферы).

Вычисление на единицу поверхности листа представлялось бы более правильным, так как количество поглощенного света зависит от поверхности, а не от веса листа. Сделав такое вычисление, получим для теневыносливого бука и светолюбивой березы одинаковые величины, а для липы — значительно большую величину, чем для бука и белой акации. Отсюда видно, что степень светолюбия, строго говоря, нельзя связывать с количеством хлорофилла или обратно.

5) Теневыносливые породы, сравнительно со светолюбивыми, приспособились к более слабому освещению, чем прямая солнечная инсоляция, и главнейшим средством к такому приспособлению является у них увеличение концентрации хлорофилла в хлоропласте.

6) Концентрация хлорофилла в листьях одной и той же теневыносливой породы, в связи с условиями питания, может изменяться в широких пределах, и вместе с тем у нее изменяются энергия ассимиляции и чувствительность к свету хлорофиллоносного аппарата. Благодаря этому одна и та же теневыносливая порода, в зависимости от условий местообитания, может быть в одном месте теневыносливой, а в другом — более светолюбивой, то есть положение ее в шкале пород, расположенных по световой потребности для данного района, может меняться по отношению к смежным с ней породам.

У светолюбивых же пород содержание хлорофилла в листьях подвергается слабому колебанию, почему они и не могут приспособляться к значительному отенению.

7) Молодые листья данной породы, по сравнению с вполне развитыми, отличаются более слабой концентрацией хлорофилла; при наиболее интенсивном освещении они ассимилируют углерод значительно энергичнее листьев, вполне развитых; вместе с тем молодые листья менее чувствительны к неблагоприятному влиянию сильного света и высокой температуры, чем взрослые листья. По отношению же к начальной интенсивности света, необходимой для осуществления ассимиляции, молодые листья гораздо более требовательны, чем вполне развитые листья. Так, старые темно-зеленые листья тисса начинают ассимилировать при интенсивности света в 9—10 раз меньшей, чем молодые светло-зеленые листья того же тисса.

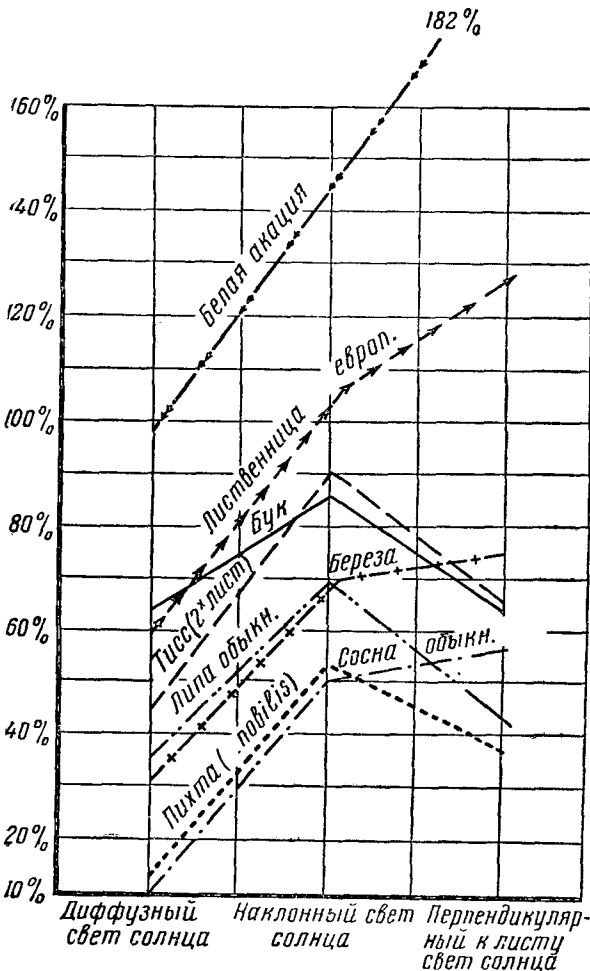


Рис. 37. Световая потребность деревьев различных пород.

При оценке результатов исследований В. Н. Любименко, важных по самой идее, нельзя не отметить недостатки работы:

1) Опыты производились не с целыми живыми растениями, а лишь с оторванными частями их—с листьями и даже с продольно разрезанными половинками листовых пластинок, вследствие чего нельзя ожидать от природы верного ответа на поставленные ей вопросы. Уже в 1905 г. Brown указал для метода половинчатых листьев такую массу ошибок, что сомнительным является, может ли вообще этот метод претендовать на какое-нибудь внимание при научном исследовании.

2) При выборе испытываемого материала игнорировалось его местопроисхождение и обстановка, в частности совершенно не обращалось внимания на световые и теневые формы листьев.

3) При опытах испытываемые листья помещались в искусственную атмосферу с невозможно большим количеством  $\text{CO}_2$ , а именно в составе газовой смеси было углекислоты по объему от 4,36 до 8%, тогда как в атмосферном воздухе объемное содержание  $\text{CO}_2$  составляет всего лишь 0,03% и оптимум  $\text{CO}_2$  для растений считается всего 0,5%. Следовательно, при опытах были ненормальные условия ассимиляции и возможны поэтому ошибки в выводах; так, странны результаты с тиссом при определении начальной интенсивности света для ассимиляции и величины оптимума в диффузном свете.

4) Не определялась интенсивность солнечного света при работах с диффузным и прямым светом.

5) Важный недостаток—отсутствие числовых отношений, определяющих ту или иную степень светолюбия пород, то есть возврат к характеристике их «по-корольему».

Тем не менее исследованиями В. Н. Любименко положено начало к применению физиологического метода для определения световой потребности древесных растений, но начало неважное.

Как уже мной сказано выше, общая потребность дерева в свете той или иной интенсивности обуславливается целым рядом физиологических процессов, совершающихся в дереве под влиянием света и разгруппированных выше на шесть категорий (химический, энергетический, формативный, транспирационный, диосмотический и термический).

Изучение хода этих процессов у различных древесных пород, в связи с количеством потребленного света на каждый процесс, может дать основу для физиологической характеристики и группировки деревьев в числовых выражениях по отношению их к свету.

Так как целый ряд функций растения связан с освещением, то светолюбие или теневыносливость (т. е. способность произрастать в затенении) может быть только равнодействующей всех связанных со светом отдельных физиологических процессов данной древесной породы.

В указанном направлении открыто обширное поле для исследований.

В заключение нашего обзора световой потребности древесных растений отметим, как общий закон, что с уменьшением интенсивности света, вызванной прохождением света сквозь слой воды, или через полог насаждения, или в пасмурный вегетационный период и т. п., в растении происходят:

1) удлинение стебля и удлинение междоузлий на стебле (т. е. расстояния между листьями);

2) удлинение листьев; так, у одуванчика теневой лист вдвое или втрое длиннее светового, имеющего в длину около 20 см;

3) расщепление листовой пластинки на узкие лопасти, придающие листу рассеченный вид или вид гребня, и

4) появление признаков и свойств, характеризующих теневую форму листьев.

Какие именно и почему происходят при различной степени освещения изменения в строении растения, в частности листьев, не вполне пока выяснено. По мнению одних, свет сам по себе как таковой вызывает эти изменения,

но при этом не объясняется самый физиологический процесс. Другие (Арешонг, Веске, Viet, Коль, Лезаге, Варминг и др.) полагают, что так как с усилением освещения происходит увеличение транспирации, то в основе анатомических изменений лежит регулирование транспирации.

Этот взгляд представляется основательным.

Большое развитие палисадной ткани вызывается не только усиленным освещением и необходимостью приспособления хлоропластов к изменениям инсоляции, но также и повышенной транспирацией, а равно и другими факторами, которые влияют на размер поступления воды в дерево и на ход транспирации.

Так, ветер, повышая транспирацию, может вызвать те же анатомические изменения, что и полное освещение; при этом влияние преобладающего сухого ветра (как например в юго-восточной части СССР) должно проявляться на строении листа в наиболее резкой форме.

Влажный воздух, уменьшая транспирацию, оказывает на строение растения такое же действие, как и затенение, что доказано Зораном, Мером, Веске, Лотьером, Эбергардтом<sup>1</sup> и др.

Избыточное поступление почвенной влаги, обеспечивающее повышенную транспирацию, обуславливает образование листьев, сходных по строению с теневыми формами. Противоречие с вышеуказанным действием ветра на растение лишь кажущееся: здесь нет надобности развивать приспособления к регулированию транспирации и потому их нет. Образование теневых форм листьев в этом случае доказано, между прочим, М. Дюбаром<sup>2</sup>, который своими исследованиями листьев корневых отпрысков показал, что у этих листьев по сравнению с нормальными:

- а) менее выражена палисадная ткань,
- б) сильнее развиты межклетники в губчатой паренхиме,
- в) менее развита механическая ткань,
- г) устьица имеют более крупные размеры и,
- д) как общеизвестно, листья поросли и корневых побегов отличаются значительными размерами.

Отсюда порослевые деревья более теневыносливы, чем семенные.

Так как свет—один из важнейших факторов транспирации, постоянно действующий на растение (не то что изменчивый ветер, переменная влажность воздуха и т. п.), и при увеличении освещения больше лучистой энергии переходит в теплоту, затрачиваемую на испарение воды в межклетниках, то понятно, что растение регулирует транспирацию в зависимости именно от силы света; причем в случае недостаточности этого регулирования растение занимает холодные, сырые низины с влажным воздухом.

Если рассматривать происходящие под влиянием света анатомические особенности с точки зрения приспособления растения к регулированию транспирации, то многие лесоводственные явления представляются в ином освещении; явления эти получают более полное объяснение в зависимости от прихода-расходного водного баланса дерева.

Понятной становится зависимость световой потребности деревьев от качества почвы. Естественно, что чем больше на плодородной почве обеспечено дереву поступление почвенной влаги с минеральными солями, тем меньше у него необходимость в приспособлениях, служащих для регулирования транспирации, а с другой стороны, тем больше оно потребляет солнечного света на испарение и на ассимиляцию.

Плохое развитие подроста под пологом старого насаждения приписывается исключительно недостатку света, между тем, при наличности в данной среде минимума почвенной влаги, большую роль может играть недостаток для подроста почвенной влаги, потребляемой корнями старых деревьев

<sup>1</sup> Annales des sciences naturelles. VIII serie, t. XVIII, p. 61—152.

<sup>2</sup> Annales des sciences naturelles. VIII serie, t. XVII, p. 109.

Это подтверждается интересными опытами в Австрии лесничего Фрике<sup>1</sup>, который в 70—100-летних сосняках, произрастающих на сухой почве низкого бонитета, при полноте 0,7, окапывал на прогалинах площадки плохого соснового подроста (10 л.) канавками, глубиной 25 см, с перерубкой всех попадавшихся корней. Уже в первое лето на изолированном таким путем подросте появилась хвоя вдвое длиннее против старой, и верхушечные побеги оказались также длиннее.

По прошествии же двух лет подрост на окопанных площадках поразительно выделялся среди остального, по-прежнему плохого подроста своим сильным ростом и здоровым видом; при этом на площадках появилась богатая травянистая флора, которой совершенно не было среди лишайникового покрова старого сосняка. Исследование почвенной влаги на глубине 3; 15 и 30 см, производившееся с июня по октябрь, показало, что на изолированных площадках весной и осенью влаги в почве в 1,5—2 раза больше, чем рядом под неокопанным подростом. Следовательно, здесь, под пологом старого сосняка, свет далеко не был в минимуме для сосны, и наличный подрост страдал не столько от недостатка освещения, сколько от недостатка почвенной влаги, которая потреблялась корнями старых сосен.

На эту же причину указывает и тот факт, часто наблюдаемый в двухъярусных насаждениях, что подрост лучше растет непосредственно у самых стволов старых деревьев, чем в некотором от них расстоянии, где развиты боковые корни этих деревьев.

Отсюда следует, что если имеются два сосновых насаждения старшего возраста, пропускающих до почвы одинаковое количество света (скажем, 0,05), то состояние и энергия произрастания подроста под ними могут быть далеко не одинаковы, в зависимости от различий в развитии корневого аппарата этих сосняков. Если, например, одно насаждение смолоду было редкого древостоя, благодаря чему корни получили сильное боковое развитие близ поверхности почвы, а другое, наоборот, произрастало все время густым и изрежено уже последующей рубкой, то мы имеем основание ожидать в этом сосняке больше подроста и лучшего качества, чем в первом. И факты оправдывают это соображение (сравнить, например, редкий 75-летний сосняк по бывшему выгону, участок w, в 4-м квартале и густой сосняк в участке d 9-го квартала).

Как видим, световая и водная потребности древесного растения тесно между собой связаны и взаимно переплетаются. Эта тесная связь вполне понятна, так как и та, и другая потребность вызывается одним и тем же самым органом—листом и обе эти потребности объединяются устьищем, которое служит как для отдачи паров в атмосферу, так и для поступления углекислоты из воздуха; поэтому всякое ограничение первого процесса должно задерживать и последний.

В заключение, для целей лесохозяйственной практики, при современных наших знаниях можно наметить следующую шкалу древесных пород по их световой потребности применительно к условиям центральной полосы Европейской части СССР. Наиболее светолюбивые десять пород могут быть распределены в такой ряд, начиная с самых светолюбивых: 1) белая акация, 2) лиственница, 3) ясень, 4) береза, 5) тополи (белый, черный и сибирский), в том числе осина, 6) обыкновенная сосна, 7) явор, 8) дуб, 9) туя и 10) ильмовые.

С другой стороны, в конце этой шкалы группируются наиболее теневыносливые восемь пород, начиная с самых теневыносливых, так: 1) тисс, 2) пихта, 3) бук, 4) конский каштан, 5) граб, 6) клен остролистный, 7) липа и 8) ель.

Свет задерживает рост стебля. При одностороннем освещении он действует поэтому с неодинаковой силой на обе стороны стебля; передняя сто-

<sup>1</sup> Centralblatt f. gesammte Forstwesen. 1904, № 8—9.



рона, получающая полное освещение, будет, вследствие этого, расти несколько медленнее задней стороны, находящейся в тени, и в результате будет склонение стебля по направлению к свету.

Этому явлению присвоено название гелиотропизма положительного.

Наблюдаются более редкие случаи гелиотропизма отрицательного, т. е. уклонение стебля от источника света.

Тепло наряду с влагой является необходимейшим фактором роста.

Одностороннее нагревание стебля может вызвать явления, подобные гелиотропизму. Этот феномен называется термотропизмом. И понятно, что результат термотропизма будет совершенно обратный гелиотропизму. Так как теплота ускоряет рост растения, то нагретая сторона стебля будет расти быстрее, чем затененная, и, следовательно, растение уклонится от солнечного света.

Но солнечный луч действует и как свет, и как теплота, и в каждом отдельном случае может брать перевес то одно действие, то другое, т. е. будет гелиотропизм то положительный, то отрицательный.

Как известно, между силой света и гелиотропизмом есть закономерная зависимость: с понижением силы света гелиотропизм повышается с нуля до некоторого максимума, при известной интенсивности света, после чего гелиотропизм опять понижается до нуля; значит, имеется низший предел освещения, необходимый для проявления гелиотропизма.

Явления гелиотропизма весьма часты в лесу, вызывая, между прочим, своеобразный габитус у затененных деревьев, так:

1) Под пологом сомкнутого соснового жердняка у угнетенных сосен боковые ветви идут горизонтально от ствола и даже отогнуты вниз.

Такая же отогнутость вниз ветвей обычна у затененного елового подростка; здесь, надо полагать, мы имеем низший предел освещения, при котором гелиотропизм = 0.

На образовавшихся просветах провислые ветви вновь изгибаются дугообразно вверх.

2) При зонтикообразном развитии кроны мы также, вероятно, имеем низший предел освещения, при котором гелиотропизм = 0.

3) У деревьев, наклоненных ветром или вываленных с корнями, вершина и ветви, продолжающие расти, направляются дугообразно вверх.

4) В сомкнутых сосновых молодняках ясно видно явление гелиотропизма на величине угла отклонения ветвей от ствола: в верхней части кроны ветви сильно приподняты, образуя со стволом острый угол; в нижней же части отмирающие затененные ветви стелются горизонтально (гелиотропизм = 0). И этот переход от острого угла к прямому совершается постепенно.

5) Явления гелиотропизма же, быть может, представляют и суточные движения ветвей деревьев, выражающиеся изменением величины угла между ветвью и стволом.

К полдню ветви отгибаются от ствола, и величина угла является наибольшей, к вечеру же ветви поднимаются вверх.

Эти суточные движения ветвей летом особенно отчетливо заметны у сосны и ели (на этом основании делают домашние гигрометры).

Такие суточные движения хвои летом рельефно наблюдаются и у длиннохвойной сосны (*Pinus palustris*), на побережьях Мексиканского залива Соединенных Штатов Северной Америки (в штатах Алабама и Флорида).

## IX. ОТНОШЕНИЕ ЛЕСА К ВЛАГЕ



Отношение древесных пород к влаге представляет собой базу, второй краеугольный камень лесоведения. Этот отдел лесоведения более других привлекает к себе общественное внимание ввиду чрезвычайно большого жизненного интереса вопроса о влиянии леса на климат, водоносность рек, влажность воздуха и вообще о значении леса в водном режиме страны. Этот лесоводный вопрос от времени до времени оживленно обсуждается в периодической печати, основанием чего служат повторяющиеся опустошительные наводнения (как в 1908 г.) или крайние засухи (как в 1891, 1920 и 1921 гг.).

Водные отношения в лесу представляют собой ряд сложно переплетающихся явлений, для анализа которых мы рассмотрим, что происходит с атмосферными осадками, как расходуются они в лесу и вне леса. Общая схема этого расхода такова (см. рис. 38):

$o = и + и^1 + с + с^1 + п + р + г + ю$  (т. е. 8 статей расхода).

$o$  — составляют осадки (в Петровско-Разумовском 537 мм); сюда же относится и поглощение водяных паров из атмосферы почвой весной и осенью — явление, которому в последнее время приписывается видная роль в водном режиме леса.

Первую статью расхода ( $и$ ) составляют осадки, которые задерживаются на растениях и испаряются с их поверхности обратно в атмосферу.

Вторая часть остатков ( $и^1$ ) испаряется с поверхности почвы.

Третья ( $с$ ) стекает по поверхности земли, направляясь по наибольшему склону в тальвеги, и уносится в море.

Четвертая ( $с^1$ ) — сдувание снежного покрова ветром и сползы снега по склонам гор.

Пятая часть ( $п$ ) впитывается почвой и достигает своего максимума, когда почва насыщена влагой.

Шестая часть ( $р$ ) поглощается растениями и служит для их роста и транспирации.

Излишек воды ( $г$ ), который в силу тяжести просачивается в глубину почвы и питает грунтовые воды. В неровных местностях более близкие к поверхности земли грунтовые воды выступают наружу, на дневную поверхность, в виде ключей, родников и т. д.

Наконец, вода, просачивающаяся в недра земли ( $ю$ ), ювенальная, питающая артезианские воды.

Остановимся подробно на этих статьях расхода атмосферной влаги в лесу.

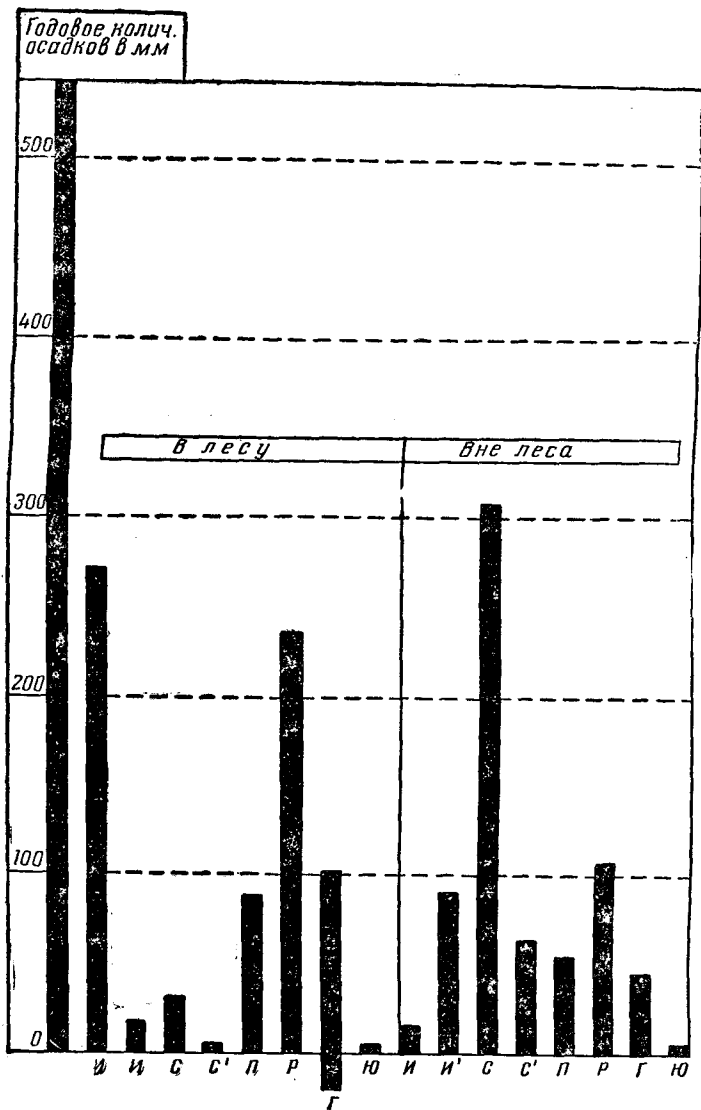


Рис. 38. Схема расхода влаги в лесу и вне леса.

И. Осадки, задерживаемые растениями (и). Эта статья расхода в лесонасаждении выражена весьма резко. Вообще говоря, она может учитываться двумя методами: 1) установкой дождемеров в насаждении или 2) определением поверхности древесного полога, но последний метод, за неразработанностью его, пока не применяется.

На величину этого расхода влаги оказывают влияние многие факторы:

- а) свойства кроны,
- б) возраст насаждения,
- в) степень сомкнутости его полога,
- г) интенсивность осадков,
- д) сила ветра,
- е) стекание воды по стволам до почвы.

Затем не без влияния на результаты исследования остается также и самая установка дождемеров в насаждении.

Исследование вопроса о количестве осадков, достигающих до почвы под лесом, предпринято с начала 70-х годов, то есть около полувека тому назад, в Западной Европе постановкой дождемеров под пологом леса.

Наиболее долготелными наблюдениями этого рода являются баварские, созданные по инициативе и под руководством Эбермайера, затем швейцарские (12 л.), организованные Бюлером, и, наконец, прусские, в которых принимал участие Мотрих.

Эти исследования имели тот недостаток, что производились по наблюдениям над одним только дождемером, поставленным под пологом леса; кроме того, не всегда принимался во внимание сток воды по стволам, на необходимость учитывать который обратил внимание еще в 1870 г. лесовод Ней.

На основании многочисленных наблюдений можно главные породы, образующие лесонасаждения, по отношению к количеству задерживаемых ими осадков характеризовать в следующих общих положениях:

а) Лиственные насаждения пропускают сквозь свой полог значительно больше осадков, чем хвойные. Эти насаждения задерживают кронами меньше влаги потому, что зимой они оголены, а летом листья представляют осадкам меньше препятствий к достижению почвы, чем хвоя, густо покрывающая побеги нескольких лет (у ели хвоя держится на побегах 4—5-годовалых, а у пихты охвоее простирается до побегов 10—12- и даже 15-летних).

Из хвойных меньше всего пропускают осадки пихтарники и ельники, а затем хорошо сомкнутые сосновые насаждения.

Переходной ступенью между хвойными и лиственными растениями является лиственница.

б) Теневыносливые породы, как бук, липа, задерживают осадков больше, нежели светолюбивые, например береза, осина. Этот факт объясняется различной степенью густоты облиствения той и другой категории древесных пород: теневыносливые деревья отличаются от светолюбивых большей частью густотой облиствения кроны.

в) В облиственном состоянии (т. е. в течение вегетационного периода) лиственные деревья задерживают более осадков, чем в безлиственном (т. е. зимой); так, по Матъе, для 40-летнего бука—вдвое больше.

Вышеприведенные три положения относятся к чистым насаждениям, притом почти исключительно к одноярусным. Что касается сложных форм насаждений и смешанных насаждений, то, несмотря на особенный интерес, представляемый ими в рассматриваемом отношении, в них не было произведено дождемерных наблюдений—сюда нельзя отнести наблюдения Нердлингера и Матъе, при которых в смешанном лесу под одним лишь деревом ставилось по одному дождемеру.

Произведенные массовые измерения снежного покрова под пологом различных смешанных насаждений, перед началом снеготаяния, повторявшиеся в Академической даче в течение многих лет, показали, что малейшее изменение в составе насаждения связано с соответственными изменениями в количестве отлагающегося снега; небольшая, например, примесь березы в сосняке или сосны в ельнике всегда сопровождается повышением количества снега в насаждении.

Влияние возраста насаждений на количество задерживаемых кронами осадков еще мало выяснено исследованием. Ввиду соотношений, существующих между возрастом насаждения и состоянием его древесного полога, а priori можно принять, что молодняки (до 15—20 л.) задерживают ничтожную часть осадков; с увеличением же возраста насаждения, с развитием крон деревьев, количество задерживаемой пологом влаги сильно увеличивается до известного возраста, а именно: когда, вследствие овевающего действия ветра и самоизреживания насаждения, древесный полог его, достигнув предельной густоты, начинает становиться рыхлее, сквозистее. Это—возраст кульминации текущего прироста древесины в насаждении.

По исследованиям Бюлера, в буковых насаждениях задерживаются кронами следующие количества годовых осадков в зависимости от возраста:

	В возрасте (%)			
	20 лет	50 лет	60 лет	90 лет
Задержано на кронах	2	27	23	17
Проникло до почвы	98	73	77	83

Как видно из данных, наибольшее количество осадков буковым насаждением задерживается не в молодом и не в спелом возрасте, а в среднем возрасте (около 50 л.).

Произведенные Гоппе в 1900 г. исследования в молодом (20 л.) и старом ельниках также показали, что в 20-летнем еловом насаждении кронами задерживается осадков гораздо меньше, чем в старом насаждении.

По 16-летним дождемерным наблюдениям в даче Тимирязевской академии, производимым в насаждениях, имевших зимой 1921 г. возраст: сосновое и еловое 52 года, березовое 90 лет и сосновое 92—100 лет, оказывается, что в сосновом жердняке за время его жизни (с 37 до 53 л.) процент задерживания осадков кронами с возрастом насаждения правильно падает, спустившись теперь до 19%, взамен первоначальных 32,6%, или, считая по пятилетиям: 1906—1910 гг.—34,9%, 1911—1915 гг.—25,8% и 1916—1920 гг.—20,3%. Отсюда можно полагать, что максимальная густота полога этого насаждения была приблизительно в возрасте около 40 лет.

В ельнике того же возраста, по данным тех же трех пятилетий, отчетливо видно, что процент задерживания годовых осадков в нем с увеличением возраста повышается, а именно: 38,9, 44,5 и 45,4%, т. е. максимальная густота полога этого ельника еще не наступила. В старых насаждениях, сосновом и березовом, за истекшее 16-летие процент задерживания осадков кронами остается в общем почти постоянным, особенно в березняке, где он составляет в среднем 23%.

Степень сомкнутости древесного полога должна, разумеется, оказывать большое влияние на размер задерживаемых осадков. При известных условиях различие в задерживании влаги кронами может иметь временный характер. Так, после изрежения насаждения (проходной рубкой), благодаря образовавшимся между деревьями просветам, окнам, конечно, сквозь полог проникает больше осадков, чем было до рубки; с течением же времени, по мере разрастания крон, различия в сомкнутости полога постепенно сглаживаются и, в конце концов, в насаждениях как с густым, так и с более редким древостоем может быть ничтожная разница в количестве задерживаемых осадков. Такой именно результат дали исследования Гоппе, при которых было установлено 40 дождемеров в двух буковых насаждениях с различным древостоем: в 88-летнем с 100 деревьев на 1 га и в 84-летнем с 500 деревьев, и оказалось, что в первом насаждении задерживалось осадков кронами 35%, а во втором—33%, т. е. разница составляла всего 2%; принимая же во внимание стекающую по стволам воду, для обоих насаждений получается почти одинаковая величина задерживаемых осадков в 20%.

Сила и количество выпадающих за раз осадков существенно влияют на величину задерживания влаги пологом насаждения. Слабые осадки почти полностью задерживаются кронами; с повышением интенсивности дождя процент задерживаемых осадков уменьшается, но абсолютное количество задерживаемой пологом воды при сильных дождях больше, чем при слабых, вследствие более полного смачивания всей поверхности крон и стволов.

В этом отношении, по точности метода и по группировке собранных данных, заслуживают внимания результаты исследований Гоппе в половине 90-х годов, хотя их недостатком являются отсутствие наблюдений за зимнее время и кратковременность самих наблюдений.

Гоппе<sup>1</sup>, исследуя в течение двух вегетационных периодов чистые насаждения ели, сосны и бука в отношении задержания осадков пологом, с учетом при этом и стока по стволам, на основании показаний 40 дождемеров в каждом насаждении вывел за вычетом воды, стекающей по стволам, следующие средние величины задерживаемой пологом атмосферной влаги в зависимости от интенсивности дождевых осадков:

При силе дождя	Ель 61 года	Сосна 64 лет	Бук 84 лет	Бук 88 лет	При этом сток воды по стволам от количества осадков данной интенсивности составлял (%)			
	Сток воды с кроны (%)				Ель 61 года	Сосна 64 лет	Бук 88 лет	При силе дождя
Менее 5 мм . . .	70,8	48,5	38,0	36,3	0	0	9	Менее 5 мм
От 5 до 10 мм	56,8	38,1	23,7	28,9	—	—	—	—
» 10 » 15 »	44,4	23,3	19,2	19,0	0,7	0,1	9	От 10 до 15 мм
» 15 » 20 »	30,9	24,7	13,3	18,7	—	—	—	—
Свыше 20 мм . .	24,0	8,4	10,4	—	4,8	1,8	21	Свыше 20 мм
Среднее за лето .	41,1	23,8	19,5	20,5	1,0	0,7	17	

О влиянии общего количества выпадающих за год осадков можно сказать то же, что и о силе осадков, так как количество и интенсивность осадков возрастают параллельно. Как в одном и том же насаждении, скажем еловом, количество достигающих до почвы осадков может составлять и 29%, и 56%, и 76%, смотря по тому, будут ли осадки слабой, средней или большой силы; так, надо ожидать, что в различных климатических районах, при одинаковом составе насаждения, влагопропускная способность полога может оказаться различной; где климат характеризуется преобладанием осадков малой силы, там будет достигать до почвы под лесом меньший процент выпадающих осадков; там же, где, наоборот, преобладают ливни и сильные дожди, пологом леса задерживается меньший процент осадков.

Еще гораздо раньше исследований Гоппе на основании данных баварских станций Эбермайер сделал вывод: «чем больше годовых осадков выпадает в данной местности, тем больше и абсолютное количество воды, достигающей почвы в лесу».

Таким образом, в рассматриваемом вопросе большое значение имеет климат: в сухих местностях с небольшим количеством осадков разница между лесом и полем в отношении достигающих до почвы осадков, будет значительнее, чем в местности с влажным климатом.

В деле задержания кронами осадков значение ветра пока не обследовано; с одной стороны, раскачивая кроны, ветер способствует сбрасыванию с деревьев капель воды на почву, в отношении снежных осадков это наблюдается тоже отчетливо, а с другой, ускоряя испарение увлажненной поверхности кроны и стволов, он может благоприятствовать задержанию большего количества осадков пологом насаждения.

Что касается условий, при которых выпадают осадки, то в отношении зимних осадков, по наблюдениям в даче Тимирязевской академии, можно считать установленным, как общее положение, что снег, выпадающий в теплые дни (при температуре, близкой к 0°), задерживается пологом насаждения, а также пологом второго яруса (подростом и подлеском) в весьма значительном количестве, и при продолжительной теплой и безветренной погоде немало этого снега испаряется обратно в атмосферу.

<sup>1</sup> Regenmessung unter Baumkrone. Von Dr. Ed. Hoppe. Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs, XXI Heft, in 4°, 75 S.

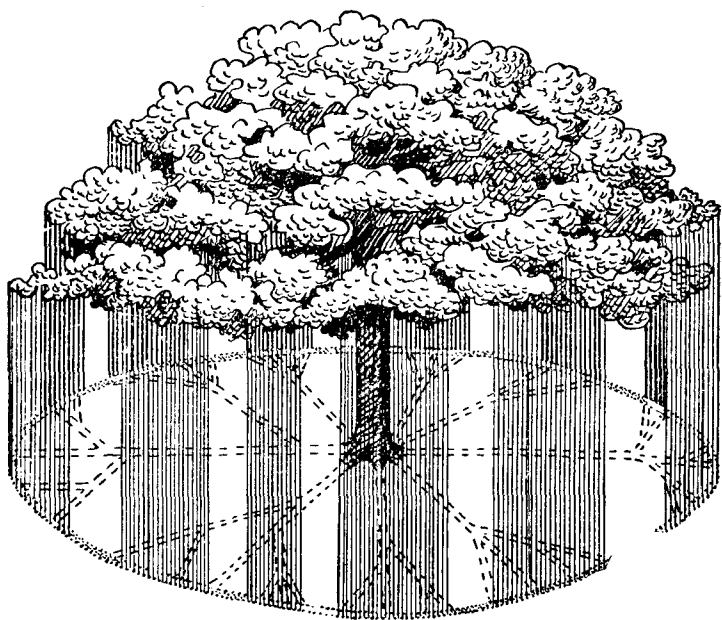


Рис. 39.

Число и размещение дождемеров в насаждении имеют огромное влияние на результаты исследования.

Древесный полог любого насаждения не является однородным телом, а представляет большое разнообразие в самом сложении и густоте. О пестроты его архитектурного строения весьма рельефное представление дает изменчивая толщина отложившегося за зиму снежного покрова, например, в еловом насаждении; поверхность этого покрова, как своеобразная маска, своей конфигурацией точно изображает характер древесного полога: снежные выпуклости под «окнами», своими размерами вполне соответствующие, каждая, величине и контуру своего окна, большие всхолмления под просветом, правильные впадины близ основания стволов, грудобразные комья снега, скатившегося с крон елей, на которых снег задерживается большими массами при выпадении его в теплую погоду, словом—все препятствия, какие встречаются на своем пути падающие в лесу снежинки, отражаются в конфигурации снежного покрова.

Такого же рода пестротой и неравномерностью распределения по площади характеризуются также и дождевые осадки.

Всякому, кому приходилось укрываться под деревом от дождя, известно, что древесная крона довольно долгое время дает защиту от непогоды и что почва под деревом весьма слабо смачивается дождем. Сток воды по стволу дерева составляет ничтожную величину сравнительно с массой воды, стекающей с периферии древесного шатра. Это явление объясняется особым положением листовых пластинок по отношению к горизонту. Почти у всех лиственных пород (у липы, березы, ольхи, тополей, кленов, ясеней, чинары, яблонь и т. д.) листовые пластинки имеют наклон кнаружи и расположены друг над другом в кроне так, что дождь, попавший на листья верхней ветки, стекает по наклонной поверхности к концам листовых пластинок, собирается здесь в капли, которые падают на пластинки ниже следующих листьев; соединяясь с падающими и сюда дождевыми каплями, дождь стекает со ступени на ступень все ниже и ниже, вместе с тем отклоняясь все ближе и ближе к периферии кроны дерева, так что, наконец, по этой периферии со всех сторон образуется целый ряд маленьких водопадов. После дождя почти сухая

у ствола земля окружена кольцевиднойполосой обильно смоченной почвы. Путем вскопки почвы легко убедиться, что как раз до этой сырой полосы доходят от ствола и всасывающие корневые мочки дерева. С возрастом дерева, по мере разрастания корней в ширину, увеличивается и круг смачиваемой дождем почвы,—так что корни и крона дерева при их периферическом разрастании идут рука об руку.

Такой же способ отведения воды к периферии кроны дерева наблюдается и у хвойных пород. Так, у обыкновенной сосны толстые сучья отходят от ствола почти горизонтально, расходящиеся от них тонкие ветви согнуты дугой вверх и хвоя около верхинки каждого побега отходит от оси вверх, между тем как более старая хвоя, сидящая несколько отступя от верхинки, с нижней стороны ветки, направлена косо вниз и кнаружи. Дождевые капли, падающие на приподнятые иглы, скатываются по ним вниз к коре ветки и оттуда проводятся в другие иглы, обращенные своими концами вниз и кнаружи; на этих концах образуются большие капли воды, которые падают на хвою нижележащих ветвей. Дождевая вода спускается по кроне зигзагами все ниже вниз и в то же время отклоняется кнаружи, к периферии кроны.

Сходное явление обнаруживают также многие кустарники и многолетние травы; у них дождевая вода, падая на косо наклоненные наружу листья, достигает почвы в некотором расстоянии от основания стебля, где находятся корневые мочки, или, вернее, корни растут своими горизонтальными разветвлениями с сидящими на них всасывающими мочками и туда, где вода стекает с листьев и смачивает почву.

Следовательно, здесь перед нами общее явление приспособленности стока воды к всасывающему аппарату корней. У всех этого рода растений черешки листьев не имеют на верхней стороне желобка, а округлы, и на верхнем конце их прикреплены листовые пластинки в наклонном кнаружи положении; если на пластинке развита система желобов, то последние тянутся вдоль нервов листа и оканчиваются у его вершины или на концах его лопастей и зубцов, с которых и стекает вода (см. рис. 39).

Полную противоположность составляют травянистые растения, имеющие луковичы или короткие корневища, с идущими в глубину всасывающими корнями, а также и те, у которых глубоко внедряющийся отвесно в почву осевой корень составляет прямое продолжение стебля, причем боковые корни бывают очень короткими. Листовые пластинки у этих растений наклонены не кнаружи, а к оси растения, и на вогнутой их верхней стороне обыкновенно имеется система желобков, проводящих падающую на листья воду к листовому и осевому корню. Следовательно, эта группа растений проводит дождевую воду в центростремительном направлении; у черешковых листьев при этом всегда на верхней стороне черешка замечается желобок: особенно хорошо видны желоба на черешках ревеня, свеклы, пионов и у фиалок. Иногда, как, например, у черники, даже и на самом стебле и ветках встречаются желобки для стока дождевой воды (см. рис. 40).

Ввиду неоднородности строения древесного шатра и центробежного отведения дождевой воды деревьями, для точного учета осадков, проникающих сквозь полог насаждений, необходимы массовые наблюдения, с установкой целого ряда дождемеров, по мнению Гоппе, по крайней мере, 20 дождемеров в каждом насаждении. Надо, однако, заметить, что норма дождемеров не может быть одинаковой для всех насаждений, а изменяется в зависимости от породы, образующей насаждения. Судя по многочисленным

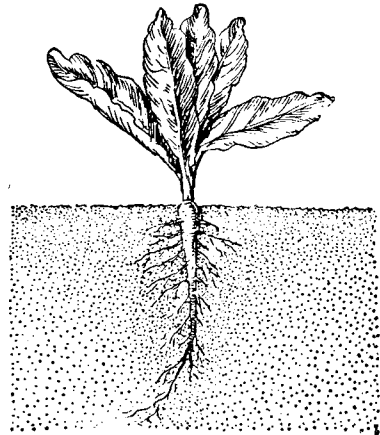


Рис. 40.



Измерениям снежного покрова в различных типах насаждений в Академиче-ской даче и по многолетним дождемерным наблюдениям над осадками под пологом, наибольшей изменчивостью распределения осадков отличаются ельники, за ними следуют сосняки и большим однообразием этого распреде-ления характеризуются березники.

Что касается размещения дождемеров по площади, то, ввиду вышеука-занного центробежного отвода осадков деревьями, понятно, что дождемеры, поставленные ближе к стволу или к периферии кроны, дадут результаты весьма различные. Гоппе, производя в течение двух вегетационных периодов исследования проникновения осадков сквозь полог елового, соснового и буко-вого насаждений, констатировал, что показания отдельных дождемеров дают следующие колебания величины проникающих осадков в процентах от всего количества дождя, показываемого в средней сложности из данных 40 дожде-меров, поставленных в насаждении (%):

При силе дождя	Ельник	Сосняк	Буковое насаждение
Менее 5 мм . . . . .	От 14 до 16	От 28 до 71	От 35 до 69
От 5 до 10 мм . . . . .	» 25 » 71	» 50 » 88	» 39 » 72
» 10 » 15 » . . . . .	» 31 » 86	» 44 » 105	» 51 » 72
» 15 » 20 » . . . . .	» 50 » 102	» 65 » 82	» 41 » 95
Более 20 мм . . . . .	» 64 » 106	» 74 » 111	» 58 » 90
Среднее за лето . . . . .	От 44 до 91	От 58 до 94	От 48 до 81

Как видно, колебания бывают огромные, и погрешность возрастает с уве-личением интенсивности дождя. Некоторые дождемеры при сильных дождях показывают величину даже более 100%, что объясняется стеканием в них воды по ветвям смежных деревьев.

Затем, ввиду центробежного отведения дождевой воды деревьями и не-однородности строения древесного полога, различия в результатах обуслов-ливаются также расстояниями, на которых устанавливаются дождемеры от древесных стволов; так, по исследованиям Гоппе, показания дождемеров, выраженные в процентах от общего количества проникших осадков, изменя-ются следующим образом в зависимости от расстояния дождемера от ствола (%):

На расстоянии от ствола	Ельник	Сосняк	Буковое насаждение
Менее 0,5 м . . . . .	55	66	54—58
От 0,5 до 1,0 м . . . . .	60	72	61
» 1,0 » 1,5 » . . . . .	63	75	66—67
Более 1,5 м . . . . .	66	75	64—70
Вблизи прогалины . . . . .	76	83	71

Собранными предварительно данными массовых измерений толщины отложившегося за зиму снежного покрова и учета снеговой воды под пологом интересующего насаждения можно пользоваться: во-первых, для определения предельного числа необходимых для установки дождемеров в данном наса-ждении, с достижением желаемой степени точности результатов дождемерных наблюдений (скажем, с точностью 2 или 5%), а также, во-вторых, в ориенти-ровочных видах, для выбора самих пунктов установки этих дождемеров;

обдуманый выбор этих пунктов, дающий по снежным осадкам лишь незначительные отклонения от средней нормы, разумеется, требует минимума числа потребных дождемеров. До сих пор при организации дождемерных наблюдений в лесу та и другая задачи решаются совершенно вслепую, без всякого предварительного плана предстоящих наблюдений, что, конечно, неблагоприятно отражается на результатах исследования.

При учете задерживаемых кронами осадков необходимо исключать воду, стекающую по стволам; наблюдениями над стоком воды по стволам занимались Матте, Ней, Риглер, Эбермайер, Гоппе, Морозов и др. Эти наблюдения дали следующие результаты:

1) У хвойных пород количество стекающей по стволам дождевой воды настолько ничтожно, что его в некоторых случаях (в старых насаждениях) можно совсем не принимать в расчет; у этих пород наиболее полно выражена способность дерева центробежно отводить дождевые осадки к периферии кроны, сбрасывая воду на землю лишь там, где расположены всасывающие мочки дерева, и сток по стволу составляет лишь весьма ничтожную долю осадков. Так, для ели этот сток составляет от 0,5 до 3% всего количества осадков; для сосны (по Гоппе) всего 0,7%; так же ничтожен сток и для лиственницы; хотя при виде этой породы с ее нежной хвоей и трудно себе представить, чтобы ее крона могла защищать от дождя, тем не менее расположение пучковидных хвой на укороченных и удлиненных побегах лиственницы таково, что главнейшая масса выпадающей дождевой воды проводится к периферии кроны, и почва под деревом остается сухой при ничтожном стоке воды и по стволу. Из хвойных пород исключение составляет лишь тисс, у которого сток по стволу довольно значителен (это вымпрающая порода).

2) У лиственных деревьев этот сток больше, чем у хвойных, не только летом, когда деревья облиственны, но даже и зимой; при этом для некоторых пород, как бук и чинара, величина стока довольно значительна; так, по Нею, у 68-летнего бука по стволу стекает: в облиственном состоянии 18,4% осадков, после сбрасывания листвы 4,7%.

Гоппе нашел для 88-летнего облиственного бука сток от 9 до 21%, в среднем 17% осадков. По Риглеру, по стволу бука стекает 12,8%, а у дуба всего только 5% всех осадков.

Бук, как порода позднейшего происхождения, по-видимому, еще не приспособился к центробежному отводу дождей.

Современное состояние исследований не дает еще точного цифрового выражения для величины осадков, задерживаемых пологом различных насаждений; к сожалению, многолетние баварские, швейцарские и затем прусские исследования на лесометеорологических станциях лишены серьезного значения, так как эти исследования имели тот недостаток, что производились по наблюдениям над одним только дождемером, поставленным под пологом насаждения. Приблизительно, в среднем для средневозрастного леса, находящегося в кульминации текущего прироста древесины, можно принять, что в ельниках это задержание влаги выражается при редком древостое в 30%, при густом — в 43—45% и даже до 50% годовых осадков.

Березники задерживают около 20%, липники же — 25% годовых осадков.

В лесной даче Тимирязевской академии уже в течение ряда лет непрерывно производятся дождемерные наблюдения над осадками, проникающими сквозь полог насаждений елового и соснового жерднякового возраста (53-л. осенью 1921 г.), а также старых насаждений березового (90-летнего) и соснового (95—100-летнего), имеющих во втором ярусе густой подлесок и дубовый подрост, причем в каждом исследуемом насаждении установлено по пять дождемеров, с тем чтобы, путем единовременной постановки добавочных 15—20 дождемеров, определить коэффициент поправки к средним показаниям, даваемым пятью дождемерами.

Независимо от этого как в исследуемых насаждениях, так и во многих других участках дачи, почти ежегодно, перед наступлением снеготая, произ-

водяты массовые измерения толщины отложившегося за зиму снежного покрова наряду с массовыми же взвешиваниями снежных проб, вынимаемых из толщии снега, отвесно, цилиндрами, сечением, равным сечению дождемера, то есть в 500 см<sup>2</sup>. По этим взвешиваниям снега, между прочим, сделаны отношения зимних осадков точные поправки для каждых пяти дождемеров, поставленных на опытных участках.

Насколько хвойные насаждения задерживают кронами больше осадков, чем лиственные, можно привести для иллюстрации следующие данные.

По наблюдениям Fautrat, во Франции почва под лиственным лесом получила (в 1876 г.) осадков 424 мм, а под сосновым всего 280 мм, значит, с веток и игл сосняка испарилось на 144 мм (на 34%) больше, чем с крои лиственного насаждения. Другими словами, сосновый лес по сравнению с лиственным отдал атмосфере в год больше влаги на 1440 м<sup>3</sup> с каждого гектара.

В следующем (1877) году почва под лиственным лесом получила 643 мм, а под сосняком только 375 мм, то есть с игл и ветвей сосняка испарилось осадков на 268 мм (на 41%) больше, чем с лиственного леса, так что в общем сосновое насаждение сравнительно с соседним лиственным отдало атмосфере с каждого гектара больше влаги на 2680 м<sup>3</sup>.

Приведенные цифры показывают, какое огромное влияние должны оказывать хвойные леса на гигрометрическое состояние атмосферного воздуха.

По рассматриваемой статье расхода влаги, лес, особенно хвойный, представляет собой могучий механический пульверизатор, который при содействии ветра увлажняет воздух, отдавая ему от 0,25 до 0,5 годовых осадков.

II. Испарение с поверхности почвы (и<sup>1</sup>). Как известно, количество испаряющейся с поверхности почвы воды вообще зависит:

- а) от движения соприкасающегося с почвой воздуха (т. е. от ветра),
- б) от температуры и влажности воздуха,
- в) от температуры почвы,
- г) от волосных условий почвы (чем плотнее почва, тем сильнее испарение) и
- д) от количества влаги в почве (чем больше ее, тем сильнее испарение).

Наряду с тем известно также, что:

1) движение воздуха в лесу, по сравнению с открытым местом, во много раз слабее, приближаясь внутри насаждения к штилю, и это различие имеет первостепенную важность в отношении сбережения почвенной влаги;

2) в насаждении, благодаря древесному шатру, температура воздуха летом значительно ниже, чем в поле (на 2—3° ниже в жаркие дни); относительная влажность воздуха в лесу гораздо значительнее, напоминая теплицу (летом на юге влажнее на 9—17%, чем вне леса);

3) разность почвенных температур в лесу и вне его еще больше, чем для воздуха, достигая летом до 5°;

4) затем лесная почва отличается значительной рыхлостью, обеспечиваемой уже благодаря тому, что она кишит животным населением (дождевыми червями, кротами, личинками насекомых и т. д.), которые своими ходами делает почву пористой. В том же направлении действуют механически и рост корневого аппарата самих деревьев, а равно исчезновение остатков гнивших корней, оставляющее ходы в почве и грунте.

Кроме того, минеральная почва в лесу сверху прикрыта, как подушкой, мертвой подстилкой, которая отличается упругостью и рыхлостью и защищает почву от уплотнения.

Шатер же древесный принимает на себя все механические удары ниспадающей дождевой воды, которая, стекая с крои, достигает почвы с ничтожной живой силой.

Ввиду всех этих своеобразных, типичных условий, понятно, что почва в лесу должна испарять меньше влаги, чем вне леса.

По испарителям, устанавливавшимся под пологом насаждения, действительно оказалось, что в лиственном лесу по сравнению с полем со свободной

поверхности воды испаряется в 2,5—3 раза меньше, а в июле—даже в 6 раз меньше.

Наблюдения над испарением почвы под лесом (в Баварии) показывают, что за семь летних месяцев из лесной почвы, по сравнению с почвой вне леса, испаряется в 3—4 раза меньше, а в жаркие дни—в 6—8 раз меньше.

Согласно опубликованным результатам 32-летних наблюдений (1867—1898) опытной станции при Нансийской лесной школе во Франции, оказывается, что испарение с поверхности почвы в лиственном лесу меньше, чем вне леса: в мае—в 3 раза, в июне, июле и августе—в 5 раз, в сентябре—в 4 раза, в октябре—в 3 раза, в ноябре, марте и апреле—в 2 раза меньше.

Есть основание полагать, что в хвойном лесу испарение влаги с поверхности почвы значительно меньше, чем в лиственном лесу, и что в двухъярусных насаждениях оно должно быть меньше, нежели в одноярусных. По опытных данных в этом отношении пока не имеется.

В экономии этого расхода влаги мертвый покров лесной почвы имеет весьма большое значение. Мертвая подстилка из хвой, листья и прочего органического опада насаждения, покрывающая сплошным слоем минеральную почву, существенно способствует сбережению влаги в почве по следующим причинам:

- 1) она, как покрывка, защищает почву от солнечных лучей;
- 2) уничтожает капиллярную связь с почвой, чему особенно помогает горизонтальная слоистость подстилки, и
- 3) она предохраняет почву от уплотнения своей эластичностью и мягкостью, благодаря чему теряется сила удара капель дождевой воды. Эта эластичность хорошо чувствуется под ногой при движении по лесной почве.

Вследствие всего этого лесная подстилка сильно ослабляет испарение воды почвой; по произведенным опытам, это испарение в 2—3 раза меньше по сравнению с лесной почвой, оголенной от подстилки.

Образуя под собой ежегодно мертвую подстилку в количестве 4672—7535 кг на 1 га (в воздушно-сухом состоянии), лес делает то же, что и земледелец, чтобы ослабить испарение почвы и тем сберечь в ней больше влаги.

III. Поверхностный сток воды (с). Для поддержания транспорта по водным путям необходим сток поверхностной воды, но равномерный для поддержания определенного уровня воды в путях сообщения. Избыточный же сток—убыточная для народного хозяйства потеря влаги, уносимой обратно в море. Количество воды, стекающей по поверхности почвы, зависит от состояния почвы, от продолжительности дождя или таяния снега, и в особенности большое влияние оказывает величина ската земли: в открытой местности главным образом она определяет скорость и количество поверхностного стока воды (от чего в прямой зависимости находится и количество просачивающейся в почву воды).

С культурных земель (полей, лугов) и с других открытых пространств стекает поверхностно значительная масса воды, когда верхний слой почвы насыщен влагой или вода не успевает впитываться в землю, что имеет место при всяком продолжительном дожде и в особенности при таянии снега на оттаявшей уже почве.

Если же ко времени таяния снега культурная почва еще мерзлая, как то часто бывает, то почти вся снеговая вода стекает по ней поверхностно, а надо заметить, что в средних широтах зимние осадки составляют 18—20% годового количества осадков (в г. Москве в среднем 91 мм, или 19%).

В лесу же мертвая подстилка, представляющая собой дурной проводник тепла, препятствует быстрому охлаждению почвы и, как подушка, защищает почву от промерзания зимой.

Второй же защитой почвы от холода служит равномерно отложенный с ежовой покров. Этот покров вместе с мертвой подстилкой предохраняет почву от охлаждения, как нас защищает шуба в зимнее время.

Далее, в том же направлении, в роли плохого проводника тепла действует также и густая сеть корневых разветвлений деревьев, пронизывающих почву и грунт.

В качестве четвертой защиты от охлаждения почвы, наконец, является древесный полог насаждения. Этот полог защищает от лучеиспускания почву по ночам и осенью, как нас теплое одеяло во время сна.

Поэтому и благодаря слабому движению воздуха в лесу лесная почва или совсем не замерзает зимой, или же, если иногда и замерзает, то гораздо позднее и на меньшую глубину, чем на открытом месте, а кроме того, и рано оттаивает (в конце февраля или в начале марта), находясь еще под толщей снега, от теплоты земли и от процессов гниения в перегнойной почве.

Затем в лесу таяние снега идет гораздо медленнее, продолжаясь на 3—5 недель дольше, чем на открытом месте, где снеготаяние совершается в 3—4 дня. Это обстоятельство, в связи с меньшей промерзаемостью лесной почвы, при прочих равных условиях, обеспечивает вследствие слабого поверхностного стока гораздо большее просачивание влаги в лесу, чем вне леса.

В этом явлении выражается огромная влагосберегательная способность леса!

Что же касается значения величины ската земли в рассматриваемом явлении, то на склонах, даже и не очень крутых, особенно резко выступает важная функция леса в сбережении влаги.

С культурных земель и других оголенных склонов дождевые и снеговые воды чрезвычайно быстро стекают, как с крыш зданий, поступая в тальвеги и уносясь затем в море.

В лесу же рыхлый слой мертвой подстилки с моховым покровом, одевающий почву, играет роль гигантской губки (подстилка впитывает в себя влаги в 2,5—3 раза более своего веса): она поглощает воду медленно тающего снега и по насыщении отдает по каплям влагу нижележащей минеральной почве. То же происходит и с дождевыми осадками с той лишь разницей, что в вегетационный период деревья всасывают корнями из просачивающейся в почву воды необходимое для их жизнедеятельности количество влаги.

Если даже оказывается избыток осадка (т. е. почва сразу не в состоянии все поглотить), то и в таком случае вода медленно спускается по поверхности лесной почвы, задерживаемая на каждом шагу стволами деревьев и кустарников, сплетениями выступающих корней и гниющими древесными остатками. При этом каждая капля воды на своем долгом извилистом пути рискует еще попасть где-либо на ненасыщенное влагой место или в ход землероя, или в какую-нибудь иную скважину в почве, в которой и остается.

Огромное значение при этом имеет сравнительно быстрое просачивание воды в лесную почву, которая и пронизана разветвленной сетью вертикального дренажа, образуемого следами (канальцами) сгнивших корневых систем от отпада насаждения, то есть от деревьев и кустарников, входивших ранее в состав насаждения и затем вымерших в неравной борьбе за существование.

Эта сеть вертикального дренажа ремонтируется и восстанавливается путем дальнейшего отпада деревьев и кустарников.

Таким образом, движение поверхностной воды на покрытом лесом склоне, если оно и возникает при обилии осадков, то мало-помалу ослабевает и, в конце концов, даже почти совершенно прекращается. Единственными путями водостока в лесу служат пешеходные тропы и дороги.

Ввиду сказанного, на склонах влагосберегательная способность леса достигает наивысшей степени.

Наряду с тем выступает другое, едва ли еще не более важное физическое свойство леса предохранять почву от смыва и разрушения.

В связи с быстрым стоком поверхностных вод на расположенных по склонам культурных землях, выгонах и других безлесных площадях снеговые и дождевые воды, в особенности ливневые, неизбежно из года в год смывают пылеватую, иловатую и перегнойную плодородную почву. Размер этого смыва

и разрушения почвы зависит от величины ската, характера почвы и геологического строения местности. При более или менее крутых склонах размывание стекающими водами рыхлых почв и подстилающих их пород достигает колоссальных размеров в центральной полосе Европейской части СССР в виде действующих оврагов, причиняющих земледельцам бедствия в области чернозема, лёсса, мергелей и других легкоразмываемых пород; развитие оврагов, помимо непосредственной потери культурной земли, сопровождается понижением уровня местных грунтовых вод, иссушением местности и уменьшением плодородия земли. В местностях же, где под небольшим слоем почвы залегают известняки или мел, или иные твердые породы, смыв почвы обуславливает превращение местности в бесплодную пустыню с голыми скалами или меловыми утесами; там же, где почва подстилается толщей песка, в результате смыва почвенного слоя образуется мертвая зыбь сыпучих песков, распространяющихся далеко с помощью ветра и засыпающих окрестные культурные земли и селения.

Быстро стекающие с открытых склонов поверхностные воды, смывая и разрушая почву, уносят с собой миллионы кубических метров земли, откладывая эти выносы по берегам речных долин или образуя на дне реки мели, перекаты и т. п. отложения, затрудняющие судоходство и сплав; наиболее взвешенные части уносятся до устья больших рек, где они отлагаются у взморья в виде дельт.

Препятствуя образованию поверхностного стока воды и закрепляя на склонах почву корневой системой деревьев, лес является в природе самым могущественным средством для предохранения почвы от сноса и размыва.

Для полной оценки этого гидрологического значения леса пока имеется мало точных данных. До последнего времени учет количества стекающих осадков производился по тому излишку постуления, который определяется в реке или иной проточной воде за время стока поверхностной воды; но этот учет делался без отношения к характеру лесорастительного покрова данного бассейна, и потому полученные результаты не выясняют рассматриваемого нами предмета. Так, французский инженер Imbeaux в бассейне р. Дюранса при трех больших половодьях (27—28 окт. 1882 г., 26—27 окт. 1886 г. и 8—11 ноября 1886 г.) определил, что количество стекающей воды больше 0,33 всего выпавшего дождя (а именно 33, 39 и 42%), а при средних половодьях—18—22,33.

На р. Дунае, в Вене, тем же путем найден сток в 42% для промежутка времени от 28 июля до 14 августа 1897 г.

Затем, для многих рек в Западной Европе и у нас в России вычислен средний коэффициент стока воды за год. Средний коэффициент стока рек в равнинах (Эльбы, Майна и др.) составляет 28% годовых атмосферных осадков в речном бассейне.

Для горных рек этот коэффициент гораздо больше; так, для Энниса—47%, для Трауни—56,8%, для Изара—57%, причем максимум (60—70%) приходится на март, а минимум (10—15%)—на июль.

Вообще, чем меньше горный речной бассейн, тем больше в нем коэффициент стока; в очень маленьких бассейнах он доходит до 90% годовых осадков.

Для р. Днепра (выше Киева), согласно работе Е. В. О п е к о в а<sup>1</sup>, годовой коэффициент стока составляет в среднем 24,8% атмосферных осадков (=558 мм) с колебаниями от 13 до 44%, причем около 0,33 годовой величины стока приходится на подземное (ключевое) питание р. Днепра. На весеннее половодье приходится сток почти всех 91 мм влаги, накапливаемой в бассейне за 8 месяцев (с июля по февраль) и преимущественно за зиму, что составляет 16,3% годовых осадков.

<sup>1</sup> Режим речного стока в бассейне Верхнего Днепра, ч. 2, изд. 1914 г.

Для р. Западной Двины, по данным Р. Майера<sup>1</sup>, годовой коэффициент стока за время с 1873 по 1887 г. в среднем равен 45% атмосферных осадков бассейна (=537 мм), колеблясь по отдельным годам от 20 до 65%.

Труды экспедиции по исследованию истоков главнейших русских рек, под руководством Тилля, дали по этому вопросу чрезвычайно мало выводов.

Чтобы определить влияние леса на поверхностный сток воды, необходимо иметь точные наблюдения по отношению к определенному склону с одинаковой почвой и покатостью, у которого одна половина была бы занята лесом, а другая обнажена, или такие же наблюдения производить в двух смежных бассейнах с одинаковыми геологическим строением и физическими свойствами почвы, из которых один бассейн был бы покрыт лесом, а другой—безлесный.

Три французских лесоведа (Ж а н д е л ь, К а н т е г р и л ь и Б е л л о) в конце 50-х годов производили в Вогезах сравнительные наблюдения над стоком в двух смежных бассейнах (речек Цорн и Бьевр), из которых один бассейн лесистый, а второй только наполовину покрыт лесом; оба бассейна с значительным уклоном, большим у лесистого бассейна. По этим наблюдениям оказалось, что поверхностный сток в лесном бассейне почти вдвое меньше, чем в полулесном (7,9 против 12,7%). Но эта работа не безупречна в отношении выбора места (неоднородность среды), учета стока и учета атмосферных осадков; слабой стороной ее является также кратковременность наблюдений (сентябрь 1858 г.—июль 1859 г.).

С 1900 г. союзом опытных лесных станций, по инициативе проф. Буллера, организованы в Швейцарии наблюдения по этому предмету в двух определенных соседних бассейнах, из которых один весь занят лесом, а другой совершенно безлесный, и расход стекающей воды определяется в водосливах плотин с желаемой точностью. Организация этих наблюдений проектирована особой комиссией в составе проф. Эбермайера, Мюттриха, Гоппе и гидролога Гармана.

Опыт протекал на крутых склонах и при обильных осадках океанского климата (годовых осадков 1589 мм). Недостаточная точность производившихся дождемерных измерений атмосферных осадков. Совсем не было наблюдений над просачиванием воды в почву и не было измерений уровня грунтовых вод и учета запаса этих вод.

Недавно (1919 г.) опубликованы результаты этих исследований в труде А. Engler'a «Untersuchungen über den Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer», в качестве XII тома журнала «Mitteilungen der schweizerischen Zentralanstalt für das forstliche Versuchswesen», 1919.

В 1910 г. в Соединенных Штатах Северной Америки в штате Колорадо заложен был опыт для выяснения вопроса о влиянии леса на сток атмосферных осадков. Схема американского опыта по сравнению с швейцарским иная: сравнительное наблюдение двух участков одинаковой лесистости, затем вырубка одного из участков и опять сравнительное наблюдение. Американский опыт продолжится 20—25 лет, швейцарский закончился в 10—12 лет, а американский опыт должен продлиться еще 7—10 лет.

Влияние леса на величину поверхностного стока воды и на просачивание воды в почву можно также определить путем учета расхода воды в источниках (вроде истока р. Жабенки в Петровско-Разумовском), произведя за время наблюдения резкую смену лесорастительного покрова в бассейне источника. Есть много примеров исчезновения источников или, по крайней мере, уменьшения их дебита и нарушения регулярности последнего, вследствие уничтожения лесов на склонах, и, наоборот, есть немало случаев восстановления или увеличения дебита источников с облесением склонов.

Этим путем могут быть получены довольно точные выводы по исследуемому вопросу, но такого рода наблюдения должны быть длительны и требуют подробного анализа собранных данных в связи с атмосферными осадками

<sup>1</sup> «Метеорологический вестник», 1914, № 10 и 11.

и колебанием уровня грунтовых вод, так как: 1) в наблюдаемом участке смешивается вода как грунтовая, так и поверхностно стекающая во время осадков или снеготая; 2) лишь незначительная часть просачивающейся в почву влаги поступает на питание грунтовых вод, большая же часть идет на питание растений и испарение поверхностью почвы и отчасти просачивается в глубокие подземные горизонты (на питание артезианских вод) и 3) в виде источника выступает на дневную поверхность и учитывается лишь малая доля грунтовой воды, главная же масса последней движется подземно и, следовательно, остается без учета.

Такого рода исследование в Академической даче предпринято мной в истоке р. Жабенки (в 3 кв.) с 1887 г. и продолжается по настоящее время, причем, с ходом наблюдений, задачи исследования усложнились и расширились.

Эти наблюдения над источником дали немало интенсивных выводов относительно режима местных грунтовых вод в зависимости от осадков, атмосферного давления (см. рис. 41 и 42), температуры почвы и других естественно-исторических условий Петровско-Разумовского, а также вполне подтверждают гипотезу о питании грунтовых вод путем конденсации в почве водяных паров атмосферы.

В общем по рассмотренной статье расхода осадков (с) уже и в настоящее время можно принять, что лес—могущественный регулятор поверхностного стока атмосферных осадков, предупреждающий смыв и разрушение почвы, и вместе с тем представляет единственное средство для поддержания равномерного стока проточных вод (рек, речек и ключей) в течение всех времен года.

Расчистка лесов на склонах в пересеченных местностях неизбежно вызывает, с одной стороны, наводнения или сильные разливы, а с другой—оскудение проточных вод в летнее время.

В р. Москве на один апрель приходится до 80% годового дебита реки, а на остальные 11 месяцев остается лишь 20%; с дальнейшим же лесооскудением в бассейне на эти месяцы года, взамен 20%, будет причитаться все меньший и меньший процент, и в конечном результате реке Москве грозит перспектива перемежающейся реки, которая исчезает в летнее время, как в пустынях<sup>1</sup>.

Еще неизмеримо большую важность имеет влияние леса на поверхностный сток воды по следующим соображениям, с точки зрения энергетической.

При наличности лесов, в форме проточных речных вод, в лесной области СССР и Сибири, а также и на Кавказе, Советская Россия располагает колоссальнейшими запасами «белого угля». Северная Америка славится своим Ниагарским водопадом; между тем по недавно сделанным вычислениям одна только р. Ангара представляет собой запас энергии больший, чем этот водопад.

В лесной области, повсюду вокруг нас, благодаря наличности лесной растительности, имеются неисчисленные богатства силовой энергии для будущего развития нашей промышленности, в частности электропромышленности и сельской электрификации, так как электрическая энергия—вода—лес представляют собой неразрывную цепь, причем последнее звено (лес) имеет существеннейшее значение. Волховская электрическая станция и множество мелких гидростанций (числом 646) используют силу воды, сбереженной местными лесными массивами.

Эти «золотые россыпи» силовой энергии громко диктуют необходимость лесосбережения, так как, сводя лес, мы получаем лишь скудный источник накопленной солнечной энергии, а между тем губим и расстраиваем запасы великих сил природы в форме «белого угля».

<sup>1</sup> В 1923 г., когда писалась эта глава, автору не могли быть известны мероприятия Моссовета по облесению бассейна р. Москвы.—*Ред.*



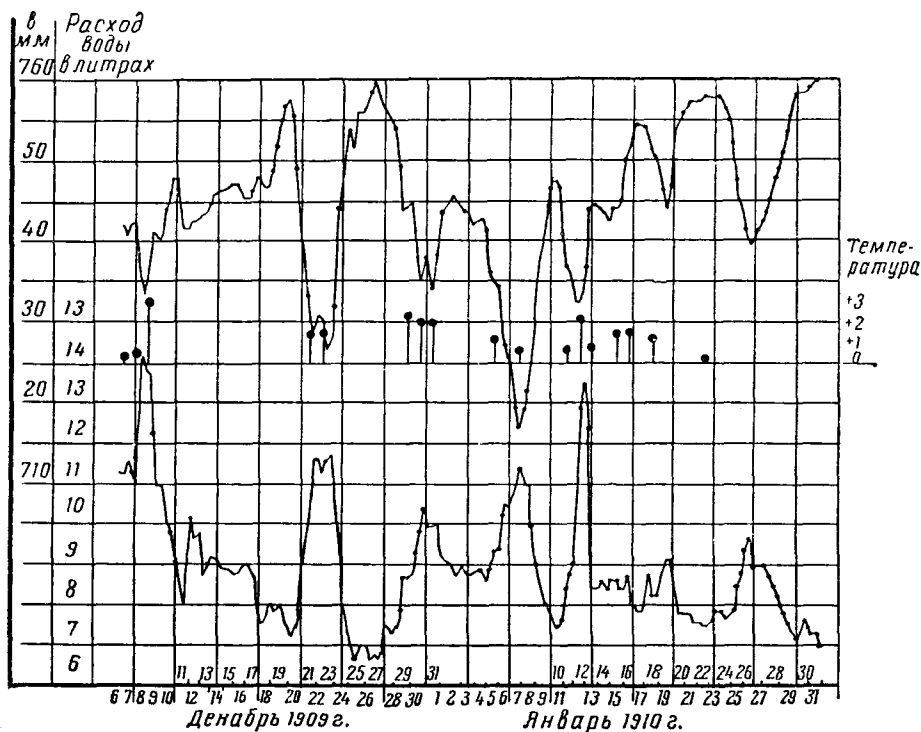


Рис. 41. Расход воды в ключе кв. 3 лесной дачи Тимирязевской академии и барометрическое давление.

IV. Перемещение снега ( $c^1$ )—феномен, аналогичный поверхностному стоку воды, происходит в природе в двух формах: 1) в виде сдувания снега и 2) в форме сполза снежного покрова с обнаженных горных склонов в долины.

На полях и других открытых местах снежные осадки зимой легко сдуваются ветром в овраги, лощины и прочие понижения рельефа, а также к механическим преградам, встречающимся на пути перемещающегося снега, как-то: к заборам, живым изгородям, опушкам леса и т. п., с образованием при этом сугробов.

Так как при температуре воздуха ниже  $-10$ — $-12^\circ$  падающие снежинки от взаимного трения обламываются, то снег отлагается в форме мельчайших остроконечных крупинок, по величине нередко превосходящих зерен тонкого песка. В такой форме выпавший сухой снег перемещается от действия сравнительно даже незначительного ветра. В климате Европейской части СССР морозные дни с температурой ниже  $-10^\circ$  обычно начинаются с января и держатся до конца февраля, когда чаще всего и происходят перемещения снега на открытых местах.

Вследствие этого поля покрываются снегом чрезвычайно неравномерно; местами они обнажаются или остаются прикрытыми лишь тонким слоем снежного покрова, и поэтому почва на полях зимой глубоко промерзает.

Весной, при снеготаяе, тонкий снежный покров быстро исчезает, причем снеговая вода преимущественно скатывается по поверхности еще мерзлой почвы, мало просачиваясь в почву, и образует, при внешнем разливе рек, так называемую «полевую» воду. В смежных же сугробах, отлагающихся на полях в пониженных местах, снеготаяе длится на несколько дней дольше, и здесь происходит «вышревание» или «вымочка» культурных растений.

В лесу же ветрозадерживающая его способность имеет огромное влияние на распределение снежного покрова и скорость таяния его. За отсутствием

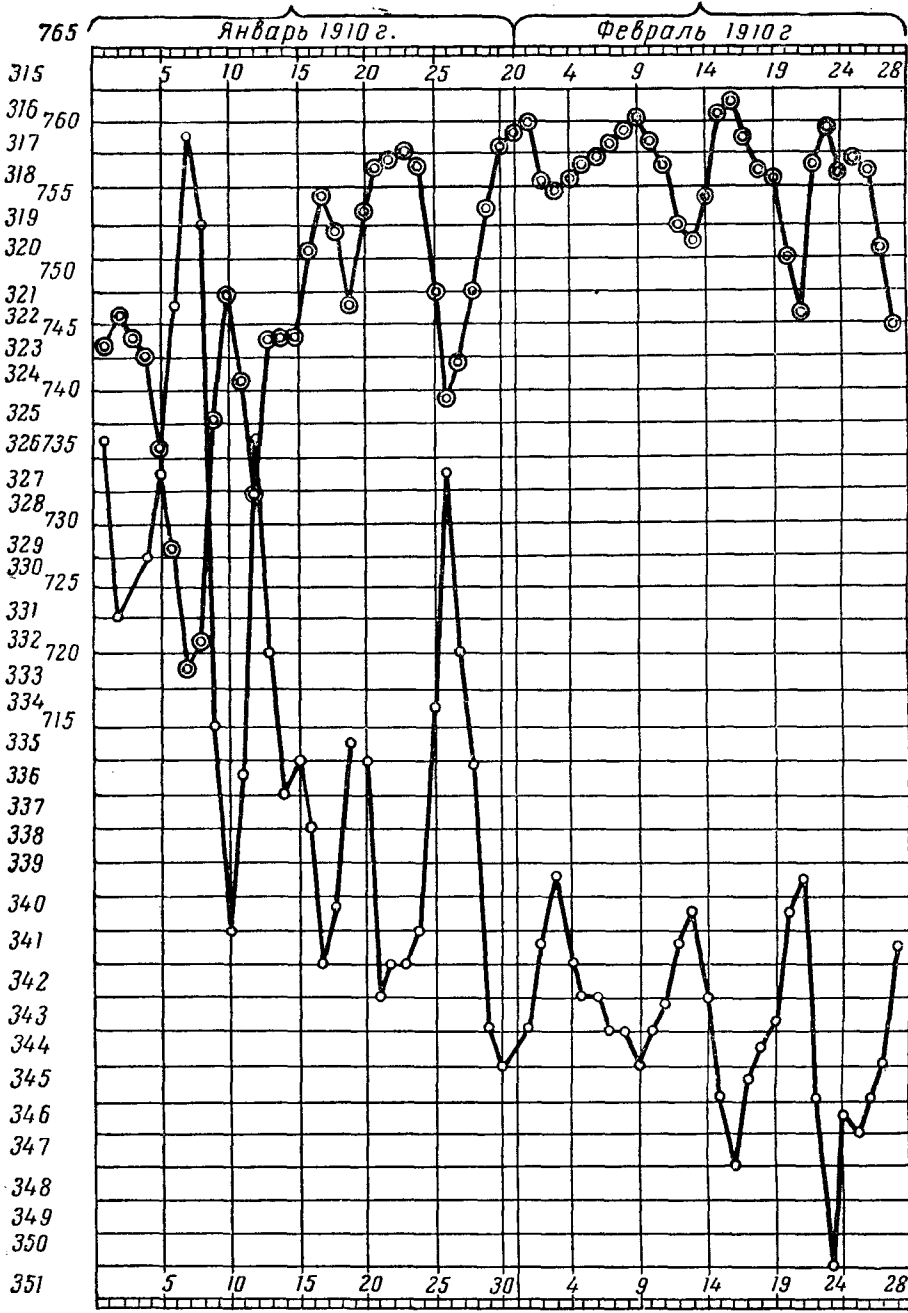


Рис. 42. Барометрическое давление и колебания уровня воды (в 7 час.) в скважине № 1.

всякого сдувания снега, в лесу снежный покров отличается равномерностью отложения. Кроме того, затенение древесным пологом задерживает испарение влаги с поверхности снежного покрова, а также таяние снега зимой даже при сильных теплых ветрах.

Наносы снега, в виде сугробов, наблюдаются только на опушке леса со стороны господствующих зимой ветров, наносящих сюда снег с прилегающих открытых пространств.

На ветрозащитной способности древесной растительности основано устройство защитных полосовых посадок вдоль железнодорожных линий, в видах предохранения рельсовых путей от заноса снегом, а также обсадка аллеями деревьями шоссе и других грунтовых дорог и устройство одно-двурядных древесных опушек и живых изгородей в малолесных местностях, около усадеб и на полях (по межам и обочинам дорог).

По наблюдениям в степных опытных лесничествах, сток снеговой воды в степи при мерзлой почве составляет 47% всего снежного водного запаса, а при талой почве—лишь 25%. Ввиду обычного у нас глубокого промерзания степной почвы, сельским хозяевам, очевидно, необходимо применять не только меры, предупредительные против сдувания снежного покрова, но, сверх того, и против поверхностного стока вод в реки и море, потому что, при мерзлой почве, все сооружения по защите снежного покрова от сдувания ветром без применения мер против поверхностного стока вод не имеют серьезного значения для увлажнения почвы.

Разумнейшей же мерой против стока вод является закладка лесных полос по степным водоразделам в связи с рельефом, каковая мера вместе с тем служит весьма важным средством и для равномерного отложения снега на полях.

Задержание зимой снега на полях—чрезвычайно важный вопрос для обеспечения почвы влагой в засушливых областях. Русскими агрономами производились опыты задержки снега кулисами из стебля кукурузы, деревянными щитами, хворостинами, снежными валиками, вспашкой снегопадом и т. п. Такими опытами у нас занимались Н. М. Тулайков, Богдан, Янковский и многие другие агрономы.

Но уже с конца 60-х годов в этих целях для степной полосы стало рекомендоваться разведение лесных полос, древесных опушек и живых изгородей. Так, в книге Р. И. Шредера «Живые изгороди и лесные опушки» профессором И. А. Стебутом в 70-х годах составлено обстоятельное введение, горячо рекомендуемое сельским хозяевам разведение живых изгородей по межам и обочинам дорог на полях, и с конца 70-х годов, в продолжение 20 лет, им произведена в собственном имении «Кротково» б. Тульской губернии на протяжении 15 км (из проектированных 40 км) обсадка полей изгородями и лесными опушками для защиты полей от иссушающего действия ветров<sup>1</sup>.

На разведение живых изгородей вокруг полей в черноземной области, как на одно из важнейших средств для увлажнения почвы, обращал внимание в своих печатных работах и другой виднейший представитель агрономии проф. П. А. Костычев<sup>2</sup>.

Затем известный агроном Богдан, работавший в б. Новоузенском уезде б. Самарской губернии, по вопросам о накоплении и сбережении почвенной влаги в целях повышения урожаев, в 1910 г. писал: «Десятилетние наблюдения приводят меня к убеждению, что насаждение лесных полос из засухоустойчивых пород является одним из действительных средств накопления влаги и повышения урожаев»<sup>3</sup>.

Видный сельскохозяйственный исследователь, заведующий Одесским опытным полем В. Г. Ротмистров в 1911 г. в своем труде «Сущность засухи по данным Одесского опытного поля», вышедшем в 1913 г. вторым изданием, указывает, что одно-двухрядные опушки, как защита от вредного действия тех ветров, которые на наших оголенных степях дуют, по сравнению с Западной Европой, в течение года с удвоенной силой, достигая до 14 баллов иногда в продолжение целых недель, «являются мощным орудием в борь-

<sup>1</sup> П. А. Стебут. Об укреплении и облесении оврагов и об обсадке полей. «Ответы Московского лесного общества» за 1894 и 1895 гг.

<sup>2</sup> О борьбе с засухой посредством обработки почв и накопления на них снега. 4-е изд., М., 1908.

<sup>3</sup> Сборник сельскохозяйственных сведений Новоузенского земства, 1910, № 11.

бе с засухами» и «единственным способом борьбы с вредными насекомыми», как преграда для их перемещения, и что в степной области засаждение полевых меж и дорожных обочин древесной растительностью является насущнейшей потребностью нашего хозяйства.

С конца 70-х и в 80-х годах опыт разведения зашитных лесных полос (шириной 42—64 м) среди полей в большом масштабе произведен в Каменоватском имении А. А. Де-Каррера в б. Херсонской губернии (Елизаветградском у.), с целью защиты полей от вредного действия восточных ветров и для удержания зимой на полях равномерного снежного покрова. Разведенные Де-Каррером в степи, на пространстве 1093 га, 382 га (к 1895) лесные полосы придали совершенно необычный для степи лесной ландшафт, издали с высокого пункта представляющийся весьма грандиозным.

По инициативе Общества сельского хозяйства южной России, этот опыт полосового лесоразведения в степи был подвергнут в начале 90-х годов профессором Новороссийского университета А. А. Бычихиным научному обследованию, которое с полной очевидностью доказало благотворное влияние лесных полос в степи на сельскохозяйственную культуру, обеспечивая значительно более высокий урожай хлебов по сравнению с незащищенными полями<sup>1</sup>.

С половины 80-х годов удельное ведомство занялось разведением лесных насаждений на степных водоразделах в некоторых имениях б. Самарской губернии, придавая этим насаждениям довольно большую ширину (в 427 и даже до 640 м).

Страшный неурожай 1891 г., поразивший почти всю черноземную область и принесший с собой море народного горя, вызвал к жизни под руководством проф. В. В. Докучаева «Особую экспедицию по изысканию и учету различных способов и приемов лесного и водного хозяйства в степях южной России». Эта экспедиция существовала при лесном департаменте с 1892 по 1899 г. Ею заложены лесокультурные опыты и обводнительные работы в трех участках, около 5583 га каждый, а именно: Хреновский—на водоразделе Волга—Дон (в Бобровском у. б. Воронежской губернии), Старобельский—между Доном и Донцом в б. Харьковской губернии на совершенно голом кряже, выставленном бурям, зною и засухе, и Велико-Анадольский—между Доном и Днепром (в Мариупольском у. б. Екатеринославской губ.). Одной из основных задач на избранных участках ставилось изыскание простых и целесообразных способов борьбы с периодическими засухами лесными полосами на основе установления возможно правильного соотношения между водой, лесом и полем.

Для осуществления намеченных задач работы экспедиции распались на научные и практические; для научных исследований были привлечены видные специалисты: геоботанические изыскания велись Г. И. Танфильевым и Г. Н. Высоцким, зоологические—А. А. Силантьевым, почвенные и геологические—профессором К. Д. Глинкой, Н. М. Сибирцевым, П. В. Отоцким и Замятченским, а изучение влияния лесных полос на полевую и луговую культуру поручено было проф. П. Ф. Баркову.

Этой организацией за время ее существования собран весьма богатый материал в напечатанных «Трудах особой экспедиции», дающий, в связи с прежними и позднейшими исследованиями, достаточное научное основание для широкой постановки практических работ по упорядочению нашего степного хозяйства.

Что касается сползания снега с горных склонов, то оно наблюдается исключительно только на обнаженных склонах, причем иногда принимает колоссальные размеры, приобретая характер катастрофического бедствия

<sup>1</sup> А. Бычихин. Значение зашитных насаждений для степной полосы (по поводу степного лесоразведения А. А. Де-Каррера). Одесса, 1893.

для населения долин, где сплошные толщи снега погребают проезжие дороги, разрушают одиноко стоящие жилые здания и хозяйственные постройки и даже засыпают целые селения.

Эти снежные опустошения бывают в Альпах, Пиринеях, на Кавказе и в других горных местностях. Возникает сползание снега в той зоне горных высот, где выпадает максимальное количество годовых осадков (2000 мм и более), причем толщина снежного покрова достигает 3—5 м.

В качестве защитной меры против этого бедствия в Швейцарии с давних пор на тех склонах, где обычно возникают снежные сползы, государством сооружаются, в шахматном порядке, каменные стены (сухой кладки) в несколько рядов, примерно по горизонталям, на протяжении 420—530 м по склону.

V. Просачивание воды в почву (п) находится в обратном отношении к стекающей воде. Количество воды, просачивающейся в лесную почву на склонах, пока не поддается числовому выражению за невыясненностью хода поверхностного стока. Несомненно, что оно, по сравнению с полевой, луговой или иной безлесной почвой, гораздо значительнее.

Просачивание воды на ровных местах также еще мало исследовано, если не считать лизиметрических опытов Эбермайера, Вольни и других, которые производились в цементированных ящиках, площадью 2—4 м<sup>2</sup> и глубиной 1,2 м, над 5—6-летними саженцами ели, бука и березы, наряду с травянистым покровом, моховым и голой почвой.

Опыты Эбермайера в 1886—1887 гг. с шестилетними саженцами в лизиметрах с плотно утрамбованной садовой землей в двухлетнем выводе дали следующие результаты:

Период	Осадки (мм)	Просачивание (мм)			
		бук	ель	мох	голая почва
Весна . . . . .	188,09	11,63	7,73	15,68	10,45
Лето . . . . .	386,41	9,19	6,79	22,30	15,02
Осень . . . . .	154,27	1,51	1,71	8,65	5,33
Зима . . . . .	126,30	9,73	5,98	11,40	9,08
За год . . . . .	855,07	32,06	22,26	58,03	36,88
От выпавших осадков (%)	—	3,7	2,6	6,8	4,7

Летом и осенью под саженцами по неделям не просачивалось ни капли воды, чего никогда не было под моховым покровом и что только редко случалось с голой почвой.

У Вольни шестилетние опыты (в 1887—1892 гг.) с пятилетними, в начале опыта, саженцами в лизиметрах, высотой 105 см, с известковисто-песчаной почвой дали следующие результаты просачивания, выраженного в процентах от выпавших осадков:

Период	Ель без покрова	Ель с покровом (хвоя, а после мох)	Береза	Трава	Голой почва
Весна . . . . .	35,4	24,9	42,1	53,2	59,5
Лето . . . . .	2,9	2,2	3,8	5,5	35,9
Осень . . . . .	8,5	7,4	24,6	23,8	52,6
Зима . . . . .	31,2	22,1	51,4	58,5	79,7
За год . . . . .	12,7	11,0	26,3	26,3	50,6

В лизиметре, высотой 105 см. и сечением 500 дм<sup>2</sup>, помешалась одна березка 3 лет, в другом—одна, единственная елочка 3 лет. Из опытов над одной елью и одной березой никоим образом нельзя делать вывода о влиянии леса или лесорастительного покрова.

Общие выводы из лизиметрических опытов таковы:

1) на голой почве просачивается воды больше (почти вдвое), чем на почве с растениями;

2) под моховым покровом увеличивается просачивание по сравнению с почвой, занятой древесными растениями, хотя у Вольни этого результата не обнаружилось, вероятно, потому, что этот покров, увлажняя почву, усиливал рост ели, а следовательно, и транспирацию ею влаги;

3) под хвойными растениями просачивается воды несколько меньше, нежели под лиственными;

4) под лиственными растениями просачивается воды почти столько же, сколько и под травянистым покровом (но у Бюлера под дерном просачивание меньше, чем под древесными растениями);

5) наименьшее просачивание под растениями наблюдается летом и осенью во время расхода влаги растениями на транспирацию.

Поучительны опыты с просачиванием воды, произведенные в Гайденаузе, близ Боденского озера.

На открытом месте были поставлены два ящика, величиной в 2 м<sup>2</sup> каждый, наполненные суглинком; такие же ящики, тоже наполненные суглинком, были вкопаны в землю в соседнем буковом 50-летнем насаждении и в 40-летнем ельнике.

По наблюдениям за четыре года, количество просочившейся воды от осадков, считая просачивание на открытом месте за 100%:

на открытом месте . . . . .	32	100
в буковом лесу . . . . .	50	156
» ельнике . . . . .	45	142

Отсюда, в лесу под древесным пологом просачивается больше воды, чем на открытом месте (почти в 1,5 раза), несмотря на то, что достигает до почвы в буковом насаждении только 73%, а в ельнике лишь 53% общего количества осадков. Эту разницу в просачивании надо приписать ослабленному испарению влаги с поверхности почвы в лесу [величина ( $u^2$ ) в формуле].

Но к лизиметрическим выводам вообще надо относиться крайне осторожно и не переносить их на естественные почвы: 1) нужны многие годы, чтобы набитая в лизиметры почва приняла такое же строение, какое имеет она в естественном состоянии; 2) в лизиметрах ненормально происходит влияние на почву колебаний атмосферного давления и устранивается в набитой почве то передвижение паробразной воды, какое совершается в вертикальном и горизонтальном направлении в естественной почве, и 3) влагоемкость и условия просачивания воды изменяются в лизиметре в связи с изменением высоты набитой почвы.

Крайне необходимы поэтому экспериментальные исследования над просачиванием воды в естественных почвах как лесных, так и культурных (полевых, луговых и т. п.).

Прибор для наблюдения над просачиванием воды (см. рис. 43, 44, 45, 46<sup>1</sup>).

По 16 опытам просачивания воды в почву, произведенным в Академической даче в 1913 г. студентом П. Ларионовым на трех типах почв с различным естественным покровом: 1) луг на глине, 2) ельник на глине, 3) луг—прогалины на суглинке, 4) ельник на суглинке, 5) сосняк на суглин-

<sup>1</sup> Подробное описание прибора проф. Н. С. Нестерова для наблюдения над просачиванием воды дано П. Б. Леонтовичем в статье: «Несколько опытов по просачиванию воды в почву в ее естественном состоянии», «Лесопромышленный вестник», 1910, № 28.—Ред.

ке и б) березняк на песке—оказалось, что если принять за 1 скорость поглощения воды на лугу с глиной, то соотношение этих скоростей по другим группам определяется в следующих цифрах:

	С глиной		С суглинком			
	Луг	Ельник	Луг—прогалина 1	Ельник	Сосняк	Березняк на песке
По формуле $\frac{V}{t'-t} = v$ (литров в 1 мин.) . . .	1	1,5	3,5	4	5	13
Соотношение скорости промачивания почвы в глубину выражается в таких данных: $\frac{h}{t'-t} = h_1$ (число в см в 1 мин.) . . . . .	1	1,9	2,1	2,45	2,70	5,12
Число опытов . . . . .	1	4	3	3	4	2

<sup>1</sup> Луг—прогалина со следами дренажа из бывших корней деревьев.

Недостатки работы: 1) крайняя дождливость июля и августа, когда производились опыты (за июль—135 мм, август—106 мм; против нормы 74 мм); 2) неточность определения глубины промачивания на глаз по окрашиванию эозинном по контрольным разрезам, не брались почвенные пробы на влажность; 3) недостаточная продолжительность каждого опыта и 4) малое число опытов на глине.

Для выяснения вопроса, как изменяется количество просачивания воды в почву после срубки насаждения, проф. Морозовым в Шиповской даче были выкопаны в дубовом лесу два колодца для наблюдения над колебанием уровня в них грунтовой воды до срубки окружающего насаждения и после этой срубки. При этом оказалось, что подъем воды в колодцах последовал лишь спустя 4—5 лет после срубки леса. Этот запоздалый эффект объясняется тем, что увеличение просачивания воды в почву и грунт началось только со времени загнивания в почве дубовых корней, оставшихся после срубки деревьев.

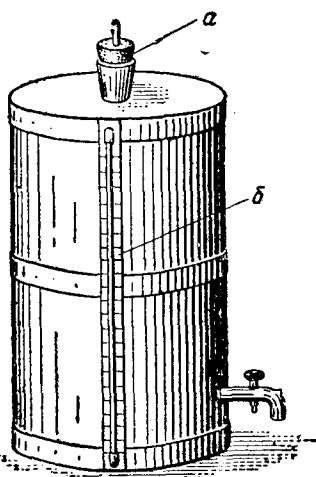


Рис. 43. Цинковый бак: а—резиновая пробка со стеклянной трубкой; б—водомерная трубка.

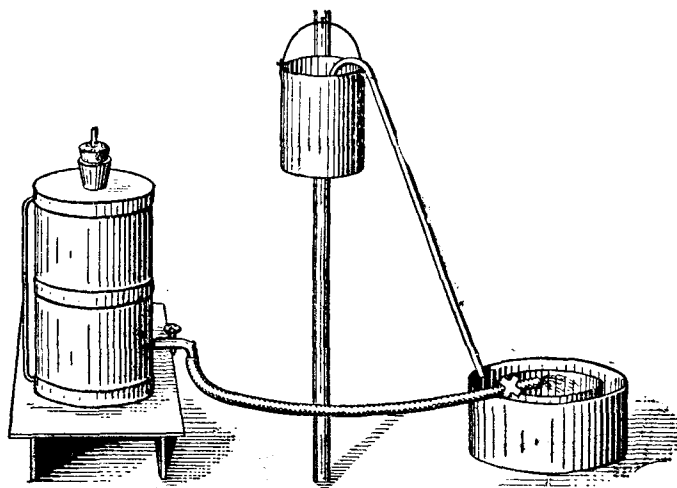


Рис. 44. Установленный для опыта снаряд.

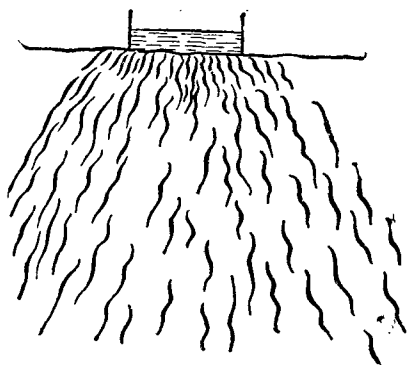


Рис. 45. Схема распространения воды в почве при применении одного цилиндра.

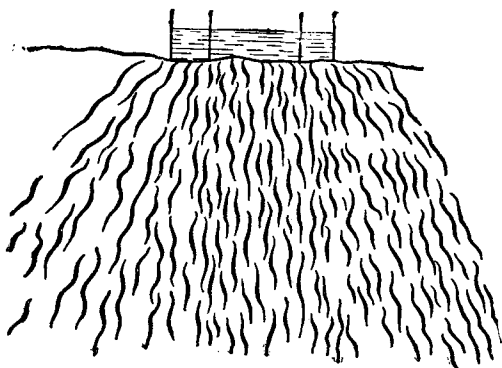


Рис. 46. Схема просачивания воды в почву при употреблении двух цилиндров.

VI. Вода, потребляемая растениями (р). Вода необходима деревьям, как и прочим растениям:

- 1) как питательное вещество, перерабатываемое при процессе ассимиляции в органические соединения (крахмал, масло, клетчатку и т. д.);
- 2) всякое поглощение минеральных веществ из почвы и передвижение этих веществ происходит при участии воды и
- 3) самое усвоение угольной кислоты из атмосферы зависит от содержания воды в растении: оно замедляется в листьях с понижением тургора, что объясняется закрыванием устьиц.

Деревья потребляют воды гораздо больше, нежели травянистые растения, так как: 1) они содержат в своих тканях массу воды; 2) на единицу площади земли производят больше органического вещества и 3) транспирируют воды больше, чем травы. Во много раз более высокая транспирация деревьев обуславливается тем обстоятельством, что листва их поднята над поверхностью земли несравненно выше (в 30—45 раз), чем у трав. Между тем скорость ветра с высотой в непосредственной близости к земной поверхности возрастает чрезвычайно быстро: по наблюдениям Константиновской магнитной и метеорологической обсерватории и по недавним (1917 г.) наблюдениям М. Рыкачев<sup>1</sup>, если обозначить скорость на высоте 1 м над землей через 100, то:

на 3 м над землей скорость ветра составляет . . . . .	125
» 20 » » » » » . . . . .	305
» 28 » » » » » . . . . .	397
» 45 » » » » » . . . . .	625
а для юго-западных ветров даже . . . . .	750

По наблюдениям Стенсона над скоростью ветра над землей до высоты 15 м, по двум сериям опытов, получены результаты<sup>2</sup>:

Высота над землей (м) . . .	0	3	6	9	12	15,2
Скорость ветра (м/сек) . . .	3,6	8,2	8,7	9,0	9,1	9,4
Высота над землей (м) . . .	0,4	1,1	2,7	4,3	7,6	15,5
Скорость ветра (м/сек) . . .	2,8	11,4	14,2	15,1	16,8	19,2

Следовательно, полог насаждения высотой 30—40 м подвергается действию ветра, скорость которого в 5—6 раз превосходит скорость его у поверхности почвы.

<sup>1</sup> М. М. Рыкачев. Выводы из наблюдений над изменениями скорости ветра в слое от 1 до 5 м над поверхностью земли. Петроград, 1909.

<sup>2</sup> «Естественные производительные силы России», т. 1. Ветер как длительная сила, ч. 1, Метеорология, 6.



С увеличением же скорости ветра, как известно, соответственно возрастает и транспирация листьев, так как ветер почти столь же важный фактор транспирации, как влажность и температура воздуха.

О размере содержания воды в древесном организме можно судить по следующим данным:

	По объему (%)	В том числе	
		в оболони (%)	в ядре (%)
В древесине ствола сосны (70 лет) . . . . .	38,3	54	13
» » » ели (75 лет) . . . . .	40,5	64	13
» » » хихты (75 лет) . . . . .	42,8	67	17,4
» » » дуба (50—60 лет) . . . . .	63—65	57—63	—

В сучьях и ветках содержание воды еще значительнее.

При содержании воды, по весу, в сырой древесине сосны в 50%, принимая запас на 1 га спелого леса в 460 пл. м, при весе 1 пл. м сырой сосны в 1057 кг, находим, что в спелом сосняке содержится воды в стволах до 243 110 кг на гектаре, то есть слой воды более 24 мм; кроме того, в сучьях (15%—69 пл. м) заключается до 36 466 кг, всего же около 279 576 кг, не считая корней (20%), в которых имеется воды до 40 951 кг, итого до 320 527 кг = слою воды более 32 мм. Это не считая листьев!

Вся эта масса воды, извлеченная из почвы, висит в воздухе, покоясь в тонкой сетке древесной ткани. С каждым годом, с отложением нового годичного слоя древесины, этот запас воды в насаждении все возрастает; при умеренном приросте в 7,75 пл. м на 1 га (=8192 кг древесины) прибавляется за год 4096 кг воды, которая выходит из обращения, отлагаясь в древесном запасе.

Что касается количества воды, потребляемой лесом на транспирацию, то приблизительно его определяют, пользуясь транспирационным коэффициентом, найденным для сельскохозяйственных растений. По Гельригелю, количество испарения, необходимого растению для образования 1 кг сухого органического вещества, составляет в среднем 324 кг, колеблясь от 273 до 376 кг<sup>1</sup>.

Буковый лес на 1 га за год дает в среднем 7044 кг сухого вещества (в том числе древесины 3899 кг, а остальное—листья). Принимая транспирационный коэффициент в 310, оказывается, что количество воды, извлекаемой деревьями из почвы на транспирацию, составляет 2 183 500 кг в год, или более 2184 м<sup>3</sup>, что соответствует слою воды в 218 мм.

Такого рода грубые расчеты, при задержании влаги пологом насаждения до 50% осадков, привели некоторых ученых к заключению, что леса могут успешно произрастать лишь в местностях, где годовое количество атмосферных осадков не менее 400 мм. Это предположение находит себе некоторое подтверждение в географии лесов лишь в самых общих чертах.

Разумеется, о полном параллелизме распределения годовых осадков в географическом распределении лесов не может быть и речи, так как на

<sup>1</sup> По новейшим данным Бриггса и Шанца (Briggs and Schanz, 1913), величина транспирационных коэффициентов для различных сельскохозяйственных растений, выращивающихся в одних и тех же условиях среды, колеблется в следующих широких пределах (от 275 до 1068):

Chaetocloa italica . . . . .	275	лчмень . . . . .	539
сорго . . . . .	306	гречиха . . . . .	678
сорные травы . . . . .	322	овес . . . . .	614
кукуруза . . . . .	369	рожь яровая . . . . .	724
свекла сахарная . . . . .	377	каменная полынь (Artemisia frigida) . . . . .	765
картофель . . . . .	448	канадский горох . . . . .	800
пшеница . . . . .	507	люцерна . . . . .	1068

расход воды деревьями влияют состав и густота насаждений, почвенно-грунтовые условия, а главное—ветер, температура воздуха и относительная его влажность.

С другой стороны, часть выпадающих осадков не поступает в растения, стекая поверхностно в реки, а также просачиваясь в глубину и поступая в грунтовые воды, служащие для питания источников и ключей.

Что ветер часто служит препятствием для роста лесов, доказывают морские берега средних широт обоих полушарий: в местах, подверженных сильному действию западных ветров с океана, часто совсем нет леса, а немного далее внутрь страны лес растет очень хорошо; следовательно, даже при большой влажности воздуха, ветер с океана служит препятствием для произрастания леса.

Другой пример. Среди обширных открытых пространств, как наши степи, препятствием к образованию леса служит отсутствие защиты от сильных ветров, притом препятствием тем большим, чем суше воздух. Этим объясняется произрастание лесов на склонах речных долин и в оврагах, где есть защита от ветра, тогда как открытые, ровные места безлесны.

У северных пределов лесов разрастание мхов и образование моховых болот обуславливают гибель лесов и отодвигание на юг предельной их границы.

Кроме того, жизнь леса, как и всякого растительного организма, направляется разнообразными приспособлениями к изменяющимся условиям влажности, имеющими целью защиту его от излишнего испарения и от вредного влияния недостатка влаги в периоды засухливые, когда несколько лет кряду выпадает осадков ниже среднего, как то было в 1890 и 1892 гг. и в 1920—1921 гг.

Все строение дерева, внутреннее и внешнее, носит ясно выраженный отпечаток этой приспособляемости к содержанию влаги.

Исследованием транспирации деревьев за продолжительный период занимались многие лица:

в конце XVIII в. Г е л ь с (Hales), применявший впервые сосудный метод для растений: виноград, яблоня, лимон;

Martino—белая шелковица и грецкий орех;

Hartig—несколько древесных пород высотой 6—8 м (водные культуры);

Tschaplowitz—пробковый дуб (*Philodendron*);

Hoehnel—многие древесные породы 5—6-летнего возраста;

Kusano—вечнозеленые японские породы;

Nobbe—2-летняя ольха за 90 дней (водная культура);

Soraueг—клен, липа, сосна, виноград, ива и бирючина (*Ligustrum*), ва 74 дня.

Некоторыми учеными применялись для этого и никуда не годные приемы. Так, немецкий ботаник П ф а ф ф в 1870 г. у молодого дуба, срезая в течение 160 дней вегетации ежедневно по 4 раза веточки, определял испарение каждой веточки, повешенной на проволоке, потерей в весе в тени в течение 3 минут и, приняв ночную транспирацию равной 0,5—0,33 дневной, пришел к абсурдному выводу, что дубок, при общем числе листьев в 700 000 шт., общей поверхностью в 23,25 м<sup>2</sup>, требует за вегетационный период на транспирацию минимум 112 100 кг воды, что равно слою воды в 539 см, тогда как в Вюрцбурге (где производился опыт) за год выпадает осадков лишь 65 см и в окрестностях растут хорошие дубовые леса<sup>1</sup>. На основании этой работы в СССР нашлись решительные последователи, утверждавшие, что леса сушат почву и что для сбережения влаги нужна вырубка чуть ли не всех лесов в средней и южной части СССР.

Одним из важнейших источников для сравнительной оценки испарения древесных растений служат произведенные в 1878—1880 гг. лабораторные

<sup>1</sup> Sitzungsberichte der K. bayr. Academie, 1870, I Bd.

исследования венского проф. Генеля (Hoehnel) над многими древесными растениями 5—6-летнего возраста, выращиваемыми в сосудах в тепличке.

В 1878 г. подвергнуто было исследованию 18 видов древесных пород в количестве 47 растений.

Притом было 14 видов лиственных пород с 40 растениями, причем буков было 7 экземпляров и вечнозеленых хвойных 4 вида с семью растениями, а в 1879 г. было исследовано 20 видов древесных пород в количестве 96 растений. При этом было 16 видов лиственных пород в количестве 74 растений, причем буков было 16 растений, ясеня и бургонского дуба по 7 растений и вечнозеленых хвойных 4 вида с 22 растениями, причем ели было 8 экземпляров и сверх того лиственницы европейской 2 растения. Растения держались как в тени, так и на солнце, причем для каждого вида за вегетационный период бралось среднее испарение воды.

В работе Генеля количество испарившейся воды отнесено на 100 г воздушно-сухих листьев, причем для взвешивания последних у лиственных пород постепенно собирались опадавшие с опытных экземпляров листья, а у хвойных обрывалась вся хвоя в конце вегетационного периода. За три вегетационных периода получилось в среднем следующее количество испарившейся воды на 100 г воздушно-сухих листьев (кг):

осина . . . . .	91,1	дуб . . . . .	54,6
ясень . . . . .	85,6	клен остролистный . . . . .	53,1
береза . . . . .	81,4	лиственница . . . . .	120,2
бук . . . . .	74,8	ель . . . . .	13,5
граб . . . . .	73,0	сосна . . . . .	9,4
вяз . . . . .	66,2	пихта европейская . . . . .	7,2
явор . . . . .	58,6	сосна австрийская . . . . .	6,7

Приводим в сжатом виде результаты наблюдений Генеля над транспирацией различных пород за вегетационный период в течение трех лет. Цифры показывают количество испаренной растением воды (г) на 100 г сухого вещества листьев:

Порода	1878 г.	1879 г.	1880 г.	Среднее за вегетационный период	
				г	кг
Липа . . . . .	—	103 047	83 340	—	95,7
Осина . . . . .	—	86 318	95 970	—	91,7
Береза . . . . .	67 987	84 513	91 800	81 433	81,4
Ясень . . . . .	56 689	98 305	101 850	85 615	85,6
Граб . . . . .	56 251	75 901	87 170	73 107	73,1
Бук . . . . .	47 246	85 950	91 380	74 859	74,9
Клен остролистный . . . . .	46 287	51 722	61 180	53 063	53,1
Явор . . . . .	43 577	61 830	70 380	58 596	58,6
Вяз . . . . .	40 731	75 500	82 280	66 170	66,2
Дуб . . . . .	28 345	66 221	69 150	54 572	54,6
Дуб бургонский . . . . .	25 333	61 422	49 220	45 325	45,3
Ольха черная . . . . .	—	83 087	93 300	—	88,2
Ель . . . . .	5 847	20 636	14 020	13 501	13,5
Сосна . . . . .	5 802	10 372	12 105	9 426	9,4
Пихта европейская . . . . .	4 402	7 754	9 380	7 179	7,2
Сосна черная (Pinus laricio) . . . . .	3 207	9 992	7 005	6 735	6,7
Лиственница . . . . .	—	114 868	125 600	120 236	120,2

Увеличение цифр по годам объясняется большим поступлением влаги в почву.

Метеорологические условия были таковы:

	В 1878 г.	В 1879 г.
1) Осадков было за 68 дождливых дней . . . . .	471,1 мм за 56 дождливых дней	340,5 мм
2) Испарилось в эвапориметре (Пиша) . . . . .	3,03 мм	6,87 мм
3) Средняя температура с 14 июня по 10 октября . . . . .	15,6°	15,9°

Наименьшая транспирация воды оказывается у хвойных пород, за исключением, впрочем, лиственницы, которая испаряет воды гораздо больше, чем самые сильно испаряющие лиственные деревья. Перечисляя абсолютное количество транспирированной влаги в 1880 г. на проценты в отношении осадков, Генель нашел, что вяз потребил до 43,5%, бук—25,2%, береза—40%. В 1878 и 1879 гг. величины транспирации несколько меньше.

### РАСЧЕТЫ ГЕНЕЛЯ ПО ИСПАРЕНИЮ ВОДЫ ГЕКТАРОМ БУКОВОГО ЛЕСА

Буковый лес в возрасте 115 лет (300—400 деревьев на 1 га).

У одного 115-летнего бука, диаметром 40 см и высотой 27 м, масса воздушно-сухих листьев=22 421 г (при 205 000 листьев).

Принимая для одного бука испарение листьями за время июнь—октябрь равным в среднем 40 кг на 100 г сухих листьев, оказывается, что на 22 421 г сухой листы одного бука приходится испарения:  $\frac{22\ 421}{100} \times 40 = 8968$  кг.

Принимая, что таких деревьев на 1 га 400, находим: 1 га 115-летнего букового леса за время июнь—октябрь испаряет  $8968 \times 400 = 3\ 587\ 200$  кг воды.

Буковый лес в возрасте 50—60 лет (1300 деревьев на 1 га).

У одного 50—60-летнего бука масса воздушно-сухих листьев 4482 г (при 35 000 листьев).

Принимая для одного такого бука по-прежнему испарение воды на 100 г сухих листьев равным 40 кг, приходится за вегетационный период испарения: на бук—1793 кг воды, а на 1 га букового леса—2 330 900 кг воды. Буковый лес в возрасте 35 лет (4000 деревьев на 1 га). У одного такого бука масса воздушно-сухих листьев—361 г (при 3000 листьев).

Принимая испарение на 100 г сухих листьев равным 47 кг, находим: а вегетационный период испарение воды: на 35-летний 1 бук—1696,7 кг, а на 1 га 35-летнего букового леса—678 680 кг воды.

В районе ст. Мариабрун (под Веной) выпадает осадков за июнь—октябрь в среднем 300 мм=30 см, т. е. на 1 га приходится воды:

$$3\ 000\ 000\ \text{кг} (100\ 000\ 000\ \text{см}^2 \times 30 = 3\ 000\ 000\ 000\ \text{г}).$$

Итак, величина годовой транспирации деревьев устанавливается приблизительно в 36% годовых осадков. Это относится к молоденьким 6—8-летним деревцам, заключенным в сосуды. Несомненно, что взрослый лес среди природы, где корни в поисках воды идут вглубь на многие метры и часто сосут грунтовую воду, при постоянном движении атмосферы потребляют влаги несравненно больше. Генель сделал приблизительный расчет испарения воды гектаром букового леса 115 лет, 50—60 и 35 лет (расчет показан выше).

Хотя листовая поверхность растения лишь условно может быть рассматриваема как поверхность испарения, которое в действительности происходит с поверхности межклетников, остающаяся нам неизвестной, и хотя верхняя и нижняя поверхности листовой пластинки неоднородны по анатомическому строению и с неодинаковым количеством устьиц на них и, следовательно, с различной интенсивностью испарения, тем не менее, однако, величина интенсивности испарения у различных пород получается точнее, если данные Генеля об испарившейся воде отнести на 1 м<sup>2</sup> поверхности листьев, что, преимущественно по генелевским материалам, и сделано проф. Л. А. Ивановым («Л. Ж.», 1916 г.) в прилагаемой таблице, показывающей количество испарившейся воды в среднем за три вегетационных периода:

Порода	Поверхность на 100 г воздушно-сухих листьев (м <sup>2</sup> )	Испарилось воды на 1 м <sup>2</sup> листьев (кг)
I Береза . . . . .	2,4	33,0
I Ясень . . . . .	3,0	28,5
Бук . . . . .	3,74	20,0
Граб . . . . .	5,0	14,6
II Дуб . . . . .	4,0	13,6
Клен остролистный . . . . .	4,4	12,0
Ель . . . . .	1,0	13,5
Сосна . . . . .	0,67	12,5
Пихта европейская . . . . .	1,5	4,8 (9,6)

Из этой таблицы видно, что по интенсивности испарения приведенные лиственные породы распределяются на две группы: сильно испаряющую, куда относятся светолюбивые береза и ясень (причем первое место занимает береза, а не ясень, как у Генеля), и слабо испаряющую (почти вдвое меньше), в какую группу входят теневыносливые породы: граб, клен остролистный и дуб; бук же располагается между этими двумя группами (т. е. граб испаряет неодинаково с буком, как выходит по ряду Генеля, а значительно менее). Интенсивность испарения хвойных не представляет столь резкого отклонения от лиственных, как у Генеля, а выражается величинами, приближающимися ко второй группе лиственных пород; теневыносливая ель испаряет столь же интенсивно, как и дуб, и интенсивнее остролистного клена, к которому по интенсивности испарения подходит сосна; только пихта европейская испаряет чрезвычайно мало—почти втрое меньше ели; но, приняв во внимание, что у пихты испаряющей поверхностью игл является почти исключительно одна нижняя сторона, нужно для точности сравнения вышеприведенную цифру испарения удвоить, и тогда полученная величина (9,6 кг) для пихты не так далеко отойдет от интенсивности испарения сосны.

Наконец, выражая данные Генеля о количестве испарившейся воды по отношению к количеству воды, содержавшейся в листе, можно судить о быстроте обмена наличного содержания воды в листьях растения или об экономности испарения, по выражению Л. А. Иванова; при этом получаются следующие результаты:

Порода	На 1 м <sup>2</sup> листовой поверхности		На 1 г воды, содержащейся в листьях, испарилось (г)	Во сколько раз испарилось воды против содержания влаги в листе
	испарилось (кг)	содержалось (г)		
Ясень . . . . .	28,5	43	663	В 15 раз (среднее место) » 25 » } наименее эконо- » 61,2 » } номно » 25 » } » 13,3 » } более эконо- » 9 » } но
Береза . . . . .	33,0	37	900	
Бук . . . . .	20,0	18	1111	
Граб . . . . .	14,0	24	600	
Дуб . . . . .	13,6	32	425	
Клен остролистный . . . . .	12,0	37	324	
На 1000 листьев <sup>1</sup>				
	испарилось воды (г)	содержалось воды (г)		
Ель . . . . .	73,1	4,2	17,4	В 4 раза » 7,1 » » 6,8 »
Сосна . . . . .	314	13,6	23	
Пихта европейская . . . . .	165	4,3	38	

<sup>1</sup> Данные для хвойных взяты только за 1879 г., так как за остальные два года расчеты на число листьев Генелем не делались.

Из этой таблицы прежде всего резко бросается в глаза, что хвойные породы по сравнению с лиственными расходуют воду чрезвычайно экономно, приспособившись, по-видимому, таким путем к медленной подаче влаги по стволу к листьям из почвы<sup>1</sup>. Между хвойными самое экономное испарение у ели, затем у сосны и, наконец, у пихты (по данным Т. Гартига, сосна экономнее ели).

Из лиственных же наименее экономно тратят воду листья бука, березы и граба, а наиболее экономно расходует ее листва дуба и клена остролистного; ясен же по экономности испарения занимает среднее положение между этими двумя группами.

По новейшим исследованиям, вечнозеленые лиственные деревья (самшит, *Vuxus sempervirens*) и кустарники (магония, *Mahonia aquifolium*) испаряют так же мало, как хвойные.

Количество воды, потребной для данной древесной породы, можно приблизительно определить, зная среднее количество годовых осадков в области ее произрастания, а также и минимумы количества этих осадков, выпадавших несколько лет подряд. Если данная порода выдержала эти сухие годы безболезненно, то значит, выпадавшее тогда количество воды было для нее достаточно. При этом для суждения о безболезненности выживания необходимо, путем древесного анализа стволов данной породы, выяснить величину текущего прироста древесины ее; разумеется, эти исследования стволов надо производить в тех местоположениях, где древесная растительность не может питаться грунтовой водой.

Таким путем, без производства специальных лабораторных опытов вроде тех, какие проделаны с 5—6-летними древесными растениями Генеля, можно использовать эксперименты с колебаниями осадков, предоставляемыми от времени до времени человеку природой почти в каждой климатической области.

Так, в подмосковном районе сухое трехлетие было за 1890—1892 гг., когда осадков выпало: в 1890 г.—374, 1891 г.—443 и 1892 г.—375 мм, в среднем за год 397 мм, тогда как многолетняя средняя норма, по данным наблюдений в Петровско-Разумовском,—535 мм.

Испарение же составляло: в 1890 г.—441, 1891 г.—426 и 1892 г.—426 мм, в среднем за год 431 мм, тогда как многолетняя средняя норма испарения равна 397 мм.

Следовательно, на это сухое трехлетие отношение между испаряемостью и осадками равнялось 1,08.

Затем в этом же районе только что пережита еще более тяжелая засуха двухлетняя, когда выпало осадков: за 1920 г.—336 и 1921 г.—410, то есть в среднем за год 373 мм.

Испарение же было: за 1920 г.—693 и 1921 г.—658, или в среднем за год 675 мм. Следовательно, за это сухое двухлетие отношение между испаряемостью и осадками равнялось всего 1,81, то есть напоминало собой пустынный климат.

Косвенным путем можно определить транспирацию деревьев, подшивая кольцом всю оболочку, чтобы преградить доступ к дереву почвенной влаги, и затем по прошествии вегетационного периода исследовать содержание влаги в древесине ствола и сучьев и наряду с тем исследовать содержание влаги в древесине на контрольных деревьях. Разница покажет, сколько испаряется воды в стволе и сучьях, если точно определить массу древесного ствола и сучьев.

<sup>1</sup> Надо, впрочем, заметить, что, по заявлению Генеля, его данные об испарении хвойных преуменьшены приблизительно на 30% по сравнению с лиственными, вследствие того, что листва последних бралась осенью уже опорожнившаяся и потому более легкая, у хвойных же, наоборот, она в это время наиболее тяжела, так как наполнена запасными веществами; кроме того, хвойные испаряют почти круглый год, между тем учет испарения у них делался лишь за время облиственного состояния лиственных деревьев.

При определении размера транспирации воды древесными растениями, каким бы путем ни производился учет, необходимо обратить внимание на то, что интенсивность испарения древесных растений в весьма сильной степени изменяется в зависимости от физических условий среды.

Прежде всего ветер, по исследованиям Визнера, ускоряет транспирацию, которая может возрастать до 20 раз против транспирации при полном покое воздуха; но при очень сильном ветре устьица, вследствие понижения тургора, замыкаются, и испарение падает. Затем относительная влажность воздуха, то есть процентное отношение упругости пара, наличного в воздухе, к упругости пара, насыщающего воздух при данной температуре  $\left(\frac{f}{F} \times 100\right)$ , существенно влияет на интенсивность испарения; в сухом воздухе, по Гельригелю, испарение увеличивается в два раза против средней нормы, а во влажном опускается до 0,5 нормы; но и при полном насыщении воздуха водяными парами, то есть при 100% относительной влажности, транспирация еще продолжается и в довольно большом количестве, так как листья, поглощая темные тепловые лучи (голубые), могут нагреться выше температуры окружающего воздуха, вследствие чего возрастает упругость водяных паров в межклетниках листовой ткани, и в результате транспирация продолжается. Вообще почти во всех случаях при понижении относительной влажности уменьшается скорость испарения.

Наряду с относительной влажностью воздуха, в метеорологии установлено понятие о недостатке насыщения воздуха, под которым подразумевается разность между упругостью пара, насыщающего воздух при данной температуре ( $F$ ), и упругостью пара, имеющегося налицо в воздухе ( $f$ ), то есть

$$F - f = F \left(1 - \frac{f}{F}\right) = F \left(1 - \frac{r}{100}\right),$$

где  $r = \frac{f}{F} \times 100$ .

Различия между этими понятиями можно иллюстрировать на следующем цифровом примере.

Воздух, содержащий в себе предельное, наиболее возможное при данных условиях количество водяных паров, называется насыщенным водяными парами. Так, в одном литре воздуха (т. е. 0,001 м<sup>3</sup>) при 0°, то есть при температуре таяния льда, можно поместить лишь 4,6 мг водяных паров, при 10°—не более 9,4 мг; при 20° это предельное количество водяных паров в литре воздуха=17,4 мг. Если при температуре 20° в наличном атмосферном воздухе содержится воды всего 8,7 мг в литре, то относительная влажность его  $\frac{8,7}{17,4} \times 100 = 50\%$ , а недостаток насыщения его 17,4—8,7=8,7 мг.

Недостаток насыщения воздуха оказывает огромное влияние на величину испарения, которое усиливается с увеличением недостатка насыщения.

Скорость испарения с квадратной единицы поверхности листа (или воды) в 1 минуту выражается формулой Д а л ь т о н а:  $E = k(F - f) \frac{760}{b}$ , где  $b$ —барометрическое давление воздуха, а  $k$ —постоянная величина, которая может зависеть от физиологических процессов; но эта скорость точно подчиняется закону Дальтона лишь при определенных величинах влажности; при больших недостатках насыщения испарение идет не так быстро, а при малых недостатках—не так медленно, как это наблюдается при средних условиях.

Сама по себе температура воздуха, как самостоятельный фактор испарения, не имеет значения; если ей и приписывается известное влияние на испарение, то оно объясняется только тем, что с увеличением температуры, как известно из физики, возрастает и упругость паров насыщения ( $F$ ).

Для испарения древесными растениями важна не столько температура воздуха, сколько температура почвы, потому что всасывающая работа кор-

невых мочек, с уменьшением температуры почвы, понижается, и в холодной почве корни работают слабо; при значительном же испарении листвой недостаточная подача воды обуславливает расстройство водного приходо-расходного баланса в растении, и поэтому последнее может страдать и даже погибнуть. С повышением температуры почвы, при достаточной влажности ее, транспирация возрастает, так как увеличивается всасывание воды корнями и водопроводность тканей стебля.

Из всех внешних факторов наиболее сильное влияние на транспирацию оказывает свет, в особенности прямое солнечное освещение. По исследованиям Hesselmann'a и других, на полном свете растения испаряют в 2—8 раз больше, чем в тени. Столь значительное возрастание транспирации с увеличением интенсивности света объясняется, во-первых, нагреванием листовых тканей растения, усиливающим давление водяных паров в межклетниках, и, во-вторых, раскрытием устьиц, содействующим выделению этих паров. Сверх того, хлорофилл сам по себе играет большую роль в деле усиления испарения на свету: поглощаемая им лучистая энергия идет частью на разложение  $\text{CO}_2$ , главным же образом на испарение.

По исследованиям Brown'a и Escomb'a, количества энергии, затрачиваемой растением на испарение и на ассимиляцию, относятся между собой: при полном освещении как 55 : 1 и при рассеянном освещении как 34 : 1, то есть при рассеянном свете относительно больше энергии идет на ассимиляцию. В общем же растение есть снаряд, по преимуществу водоиспаряющий, и лишь в слабой степени—производитель органического вещества.

Из поглощаемых различных лучей солнечного спектра хлорофилл использует на испарение, наряду с другими лучами спектра, также лучи синие и фиолетовые, т. е. с малым периодом колебаний, а для фотосинтеза расходует лучи с большим периодом колебаний—преимущественно красные.

Затем на интенсивность испарения оказывают влияние также колебания атмосферного давления, что и вполне понятно, так как выход водяных паров из межклетников через устьица совершается тем легче, чем ниже давление воздуха.

С повышением влажности почвы, обеспечивающим содержание воды в тканях растения, транспирация, естественно, увеличивается; при этом количество испаряющейся воды, причитающееся на единицу образующегося сухого органического вещества (т. е. транспирационный коэффициент), увеличивается по мере повышения влажности почвы.

Наоборот, чем меньше содержание воды в почве, тем экономнее растение расходует влагу. Надо иметь в виду при этом, что с уменьшением влажности почвы процентное отношение массы корней к массе надземных частей растения увеличивается (в поисках за влагой растение сильнее развивает корневую систему), и потому в таких случаях правильнее бы вычислять транспирационный коэффициент по отношению к весу всего растения (т. е. надземной и подземной части), а не одной надземной его части, иначе величина коэффициента сильно преувеличивается.

Насколько сильно транспирация растения зависит от размера почвенной влажности, показывают опыты Генеля. При весьма слабой поливке ясень за вегетационный период испаряет на каждые 100 г воздушно-сухой листвы 56,67 кг воды, при более же сильной—98,3 и даже 101,9 кг; сосна в первом случае транспирирует 5,88 кг, а во втором—12,1 кг.

Затем, чем беднее почва питательными веществами, тем больше транспирация растения; в этом случае так же, как при пониженной почвенной влажности, растение, в поисках за питательными веществами, сильнее развивает корневую систему.

С увеличением же содержания растворенных солей в почве транспирация понижается, так как нейтральные соли в почвенном растворе, при значительном их содержании, создают осмотическую силу, противодействующую поступлению влаги в растение, вследствие чего понижается и расход



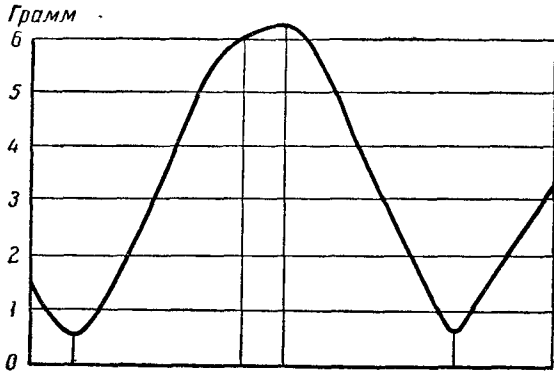


Рис. 47. Суточная периодичность транспирации по опытам Е. Вотчала с 6-летней пихтой в солнечные августовские дни в Москве с помощью саморегистрирующего эвапорометра Рихара в помещении, защищенном от ветра.

наблюдениям А. Meyer'a и Schimper'a, крахмалистые растения — быстрорастущие, а сахарофильные — медленно растущие. Образование крахмальных зерен в паренхиме листьев, понижая концентрацию клеточного сока, способствует повышению транспирации, тогда как, наоборот, образование глюкозы и других легко растворимых органических веществ затрудняет дальнейшее образование этих веществ. По присутствию или отсутствию крахмала в листьях, по взгляду Stahl'я, подтвержденному другими исследованиями, можно судить о большей или меньшей величине транспирации листа.

В сказанных кратких чертах изложены все условия, определяющие процесс транспирации растения.

В силу зависимости транспирации от физических условий среды, понятно, что за вегетационный период ход транспирации растения представляет суточную периодичность. Так как максимум освещения, температуры воздуха и сухости воздуха наступает от 11 ч. утра до 2 ч. дня, то в эти часы приходится и максимальная транспирация, что подтверждено опытами Е. Вотчала с 6-летней пихтой в солнечные августовские дни в Москве при помощи саморегистрирующего эвапорометра Рихара в помещении, защищенном от ветра (см. рис. 47).

В арктических странах, по наблюдениям в Северной Норвегии и на Шпицбергене, где краткость вегетационного периода компенсируется тем, что жизнедеятельность растения происходит почти непрерывно днем и ночью суточная периодичность транспирации и ассимиляции почти отсутствует.

Ввиду вышеизложенной зависимости транспирации от внешней среды вполне понятно, что интенсивность транспирации дерева данной породы сильно варьирует в разные сезоны под влиянием изменяющихся метеорологических условий местности. Эта зависимость наглядно выступает, между прочим, из данных Генеля о количестве испарявшейся воды одним и тем же растением в различные вегетационные периоды, при этом не только изменялась абсолютная величина испарения воды, но происходило и перемещение пород в ряду, расположенном в порядке убывания испаряемости; так, за 1879 г. в начале ряда располагались: липа, ясень, осина, бук, береза, ольха, граб и т. д., а в 1880 г. ряд начинался так: ясень, осина, ольха, береза, бук, липа, граб и т. д. Очевидно, чтобы распределить древесные породы по их испаряемости в ряд, необходимо производить такого рода исследования за длинный ряд лет.

Равным образом, различие качества почвы должно обуславливать не только колебания в интенсивности испарения, но может вызывать также и из-

менения в сравнительной оценке различных пород по интенсивности их испарения; например, сосна может испарять больше или меньше ели.

Естественно также, что большое влияние на интенсивность транспирации оказывает климат, хотя сравнительных исследований по этому предмету имеется мало и приходится судить на основании косвенных данных. В горных местностях с коротким вегетационным периодом, несмотря на большую скорость ветра и пониженное атмосферное давление, испарение слабее, чем в равнинах, вследствие значительной относительной влажности воздуха, пониженной температуры среды и охлаждения почвы от ночного лучеиспускания. Это подтверждается размером листовых пластинок и процентным содержанием золы в листьях бука и ели на высоте 133 м над уровнем моря (Ашафенбург) и на высоте 1344 м—предельная граница вертикального распространения бука:

Поверхность 1000 буковых листьев (м <sup>2</sup> ) (под Ашафенбургом)	Золы в листьях (%)	
	бука	ели
На высоте 133 м над уровнем моря 3,414 . . .	9,91	10,19
На высоте 1344 м над уровнем моря 0,91 . . .	4,03	3,58
(т. е. листья мельче почти в 4 раза)		

В пояснение этих данных можно добавить, что сильное испарение растением, связанное с повышенным поглощением им воды, обуславливает увеличение количества золы в растении, в частности в листьях. По Эбермайеру, листья сильнотранспирирующих деревьев (ясень, осина, ива) дают золы 7—10%, тогда как у слаботранспирирующих хвойных хвоя годовая содержит ее только около 1,5%, у ели хвоя живет 6 лет, и за это время в ней накаплиется много (до 10%) золы. Разумеется, листья являются самым богатым органом растения, так как в них преимущественно происходит испарение воды, при котором получают в остатке зольные вещества, как накипь в паровом котле или в самоваре. В растении, как однолетнем, так и многолетнем, наиболее богаты золой взрослые листья. Постепенное нарастание содержания золы в листьях с увеличением их возраста, в течение периода вегетации, хорошо видно из следующих данных Р и с с м ю л л е р а (Rissmüller), показывающих количество золы для листьев бука в процентах от веса сухого вещества по месяцам:

в мае . . . . .	4,67	в сентябре . . . . .	8,90
» июне . . . . .	5,20	» октябре . . . . .	10,80
» июле . . . . .	7,45	и в ноябре . . . . .	11,42
» августе . . . . .	9,03		

т. е. процентное содержание золы постепенно увеличивается до августа, затем остается постоянным (август и сентябрь), а перед опадением листьев, когда в них происходит обильное отложение щавелевокислой извести, содержание золы снова повышается. Кстати заметить, что зола взрослых листьев у деревьев наиболее всего богата известью, содержание которой составляет 50—60% всей золы листа, так у маслины (*Olea europea*)—52,8%, яблони (*Pyrus malus*)—53,4%, пихты европейской (*Abies pectinata*)—66,5%, граба (*Carpinus betulus*)—61,1%, у березы—50% (а в молодых листьях березы лишь 20%).

На севере, по тем же причинам, что и на горах, транспирация древесных растений, вероятно, слабее, чем на более южных широтах умеренного климата; но диффузный свет вызывает закрывание и раскрытие устьиц и обуславливает величину транспирации на севере.

Желательно было бы исследовать этот вопрос, хотя бы по содержанию солей в листьях главных пород в различных географических широтах. Не обходимо отметить, что даже в климате сравнительно влажном и на почвах достаточно снабжаемых водой, всегда возможна в период вегетации такая комбинация метеорологических условий, когда широко развитая листовая поверхность, при определенном темпе подачи воды по стволу, является опасной для древесного растения, так как достаточно кратковременного нарушения равновесия между испарением листвой и подачей воды ей, чтобы поставить все растение на край гибели. В климате же засушливом, как, например, в наших степях, с трудно доступной грунтовой водой, вся жизнь древесного растения есть непрерывная борьба с расстройством гармонизирующей, согласованной между собой деятельностью корня и испаряющей воду кроны—борьба с нарушением прихода-расходного водного баланса. В таком же критическом положении находятся древесные растения также в тундре и на холодных болотистых почвах, где низкая температура почвы составляет обычное явление и подача воды корнями поэтому слаба, тогда как нагретые солнечными лучами листья испаряют воду.

В таких критических условиях успешно могут произрастать только те растения, которые долгим путем филогенезиса выработали соответственные приспособления как к тщательному сборанию воды и подаче ее к листьям, так и к экономному расходованию влаги без ущерба для фотосинтеза.

В тягостной и долгой борьбе за существование растениями выработаны чрезвычайно разнообразные приспособления для поддержания прихода-расходного баланса, указывающие на огромную способность растительного организма побеждать затруднения, вызываемые неблагоприятными физическими условиями среды. Приспособления эти заключаются в самозащите пассивной и активной. Пассивная самозащита состоит в изменении цикла развития растения, соответственного окружающим условиям существования: периодичность жизнедеятельности растения по сезонам года, удлинение или сокращение этого цикла, плодоношение, изменение своей предельной высоты—карликовая форма (нанизм), долговечности и т. д.

Так, в степях для дуба продолжительность жизни не 250—300 лет, как в лесной области, а всего лишь 50—60 лет.

Активная самозащита заключается в ряде анатомических приспособлений, обеспечивающих возможность существования, несмотря на случающиеся критические моменты расстройства прихода-расходного водного баланса. Эти приспособления распадаются на две категории:

#### **А) Приспособления для обеспечения растений водой**

1) Образование сильного и глубоко идущего корневого аппарата, способного использовать грунтовую воду; так, в пустынных местностях глубокие корни имеют многие деревья (*Cassia fistula*, *Azadirachta indica*, *Phespesia populnea* и др.).

У тамарикса глубина корней достигает 50 м (как оказалось при прорытии Суэцкого канала); у нас сосна на сухих песках, дуб в степях и т. п. В Алешковских песках Днепроовского уезда б. Таврической губернии шелюга 11-летнего возраста имеет чрезвычайно длинные корни—до 13 м длиной.

С другой стороны, образование поверхностно разветвленной в горизонтальной плоскости корневой системы, способной улавливать падающие на поверхность почвы осадки. Примером служит ель и осина, а также саксаул и многие пустынные растения.

2) Развитие большего осмотического давления во всасывающих корневых волосках корней, благодаря чему растение может отнимать воду у почти высохшей почвы или преодолевать поверхностное натяжение растворенных в почве минеральных солей; у пустынных растений концентрация сока в корневых волосках настолько густа, что соответствует давлению 100 и более

атмосфер, тогда как у обычных мезофитов это давление составляет лишь 5—10 атмосфер.

3) Залегающий всегда на верхней поверхности листовой пластинки один ряд крупных овальных клеток с прозрачными и бесцветными стенками, — клеток, полных водой, играет роль водяной подушки, из которой, в случае надобности, лист расходует влагу на свое питание.

4) Образование на листовых пластинках водяных устьиц, назначенных преимущественно для выделения избыточной воды, но, при надобности, служащих для всасывания дождевой и росной воды. Затем образование для той же цели на листьях всасывательных блюдцев (у осины и др.), всасывательных ямочек (*Acantholimon*, *Goniolimon* и других), желобков (у ясеня) и других водных резервуаров.

5) Образование на коре ветвей у деревьев и кустарников чечевичек, которые преимущественно служат для аэрации древесных тканей организма, но могут, при надобности, принимать и дождевую воду, а равно принятие дождевой и росной воды зубчиками листьев, листовыми рубцами, следами почечных чешуй и кожицей молодых (однолетних) побегов.

6) Выделение на листьях гигроскопических солей, конденсирующих водяные пары из воздуха; так, *Tamarix manifera*, *Statice arhylla* и другие пустынные растения удовлетворительно произрастают, благодаря этой конденсации, в самых бездождных местностях Африки.

7) Перемещение в растении, при засухе, воды к более молодым листьям от нижних, более старых листьев на побеге, которые, принимая на себя роль водохранилищ, завядают и преждевременно сохнут, тогда как конечные листья на побегах продолжают развиваться, так что листвою как бы управляет девиз: «старое, уступай место молодому».

8) Установление нисходящего транспирационного тока, благодаря которому листья могут заимствовать воду из выше их расположенных частей растения, богатых соком.

9) Использование, при надобности, древесного ствола, как водного резервуара.

10) Самоизреживание насаждения, выражающееся нормально в последовательной гибели угнетенных деревьев и в значительной степени усиливающееся при недостатке почвенной влаги, является для древесного сообщества средством самозащиты. Корневая система более развитых экземпляров, в поисках за необходимой влагой, разрастается, захватывая все больший и больший объем земли, и теснит развитие корней слабых деревьев, отнимая у них влагу. Обделенные светом и лишенные влаги, эти деревья массами погибают голодной смертью при засухе, как это давно констатировано данными регулярно повторяющихся перечетов деревьев на постоянных пробках в Академической лесной даче. Установленное исследованиями Р а м а н н а<sup>1</sup> и других меньшее содержание золы в древесине угнетенных деревьев (в 1,5—2 раза меньше), чем у господствующих, естественно объясняется слабой их транспирацией, за недостаточностью поступления воды из почвы. Помимо устранения конкурентов, отмирание угнетенных деревьев, сверх того, обеспечивает сообществу на ближайшее время поступление в почву большего количества атмосферных осадков за счет влаги, задерживаемой пологом насаждения, сделавшимся, благодаря гибели конкурентов, более рыхлым, сквозистым.

### ***В) Приспособления для ограничения транспирации***

1) Свернутость и складчатость листьев или вертикальная постановка листовых пластинок; последнее наблюдается у белой акации, серебристой липы (*Tilia tomentosa*) и многих тропических деревьев (*Eucalyptus*, *Protea*, *Banksia*, *Casuarina*, *Acazia* и другие).

<sup>1</sup> Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen. 1892, S. 139.

2) Слабое облиствление, обусловливаемое уменьшением величины листовых пластинок или уменьшением количества листьев; так, в сухих областях Австралии многие деревья имеют мелкие листья (Casuarinae, Leguminosae и Santalaceae).

У нас в туркестанской флоре имеются характерные представители этой категории растений; так, джужгун (*Calligonum*), родственник нашей гречихе, представляет собой кустарник безлистный, у которого роль фотосинтеза исполняют зеленые побеги. Песчаная акация (*Ammodendron Conollyi* Ege и *A. Karelini*) из сем. мотыльковых—это изящное деревце, у которого на листовом черешке расположено по два супротивных листа, но ость на конце черешка и две ости у основания листочков на молодых побегах свидетельствуют об атрофированном перистом листе; помимо атрофирования большинства листьев, приспособление к условиям пустынного недостатка влаги видно также в серебристом опушении листьев.

Деревце черкез (*Salsola Richteri* Kar) из сем. лебедовых с трехгранными листьями, длиной до 1 см, напоминающими хвою.

Гребенчук, или тамарикс (*Tamarix*), из сем. тамариковых, в которое входят 25 видов, из которых 22 вида произрастают в Туркестане; они имеют листья ланцетовидные или в виде чешуй.

Саксаул (*Haloxylon Ammodendron*), образующий сплошные леса (до 6 м высотой и до 45 см толщиной), дерево безлистное, у которого роль фотосинтеза исполняют зеленые побеги; молодые побеги, длиной до 6,5 см, снабжены беловато-желтыми чешуйками—зачатками листьев—и расположены супротивно на тонких ветвях светло-серого цвета; по общему своему виду зеленые побеги напоминают иглы сосны. Все строение говорит о том, что саксаул принадлежит к светолюбам, притом к весьма ксероморфным породам экономнейшим образом расходующим влагу, путем ряда приспособлений до полной атрофии листьев включительно.

Затем к дальнейшим приспособлениям по этой категории относятся:

3) Образование толстых листьев с сильно развитой палисадной тканью.

4) Утолщение внешних стенок кожицы и кутинизация эпидермиса с увеличением сухости места.

5) Отложение на поверхности эпидермиса листьев воскового налета, от которого листья приобретают сизый отлив, или лакообразного покрова; так, восковой налет на листьях *Salix fragilis*, *Amygdalus communis*, *Acer pseudoplatanus*, *Tilia parvifolia* и разновидности деревьев—*glauca* (голубая), лакообразным покровом снабжены молодые листья березы, ольхи, ивы, бальзамического и пирамидального тополя, вишни, абрикоса и др. Насколько действительно хороша защита восковым налетом у хвойных, показывает найденная В е с к е м о р е н о м следующая разница в испарении воды двумя формами атласского кедра и дугласовой пихты, по сотне штук каждого сорта, за одинаковое время (г):

<i>Cedrus atlantica</i> ,	форма зеленая . . .	114
»	» голубая . . .	62 (т. е. меньше в 1,8 раза)
<i>Pseudotsuga Douglasii</i> ,	форма зеленая . . .	94
»	» голубая . . .	25 (т. е. меньше в 3,7 раза)

(Bull. Soc. nat. Agric. France, 1911).

6) Обильное опушение листьев (*Populus alba*, *Salix caprea*, *Sorbus Aria*, *Amelanchier vulgaris*, *Rubus idaeus* и др.).

Наблюдениями В е с к е (*Vesque*) над различными видами дуба установлено увеличение волосистости листьев с усилением инсоляции.

7) Уменьшение числа устьиц или погружение их внутрь ткани.

8) Отложение в клетках эпидермиса и листовой паренхиме растительных слизей, удерживающих воду.

9) Выделение эфирных масел, в атмосфере которых понижается транспирация растений, потому что, во-первых, теплопроводность воздуха при

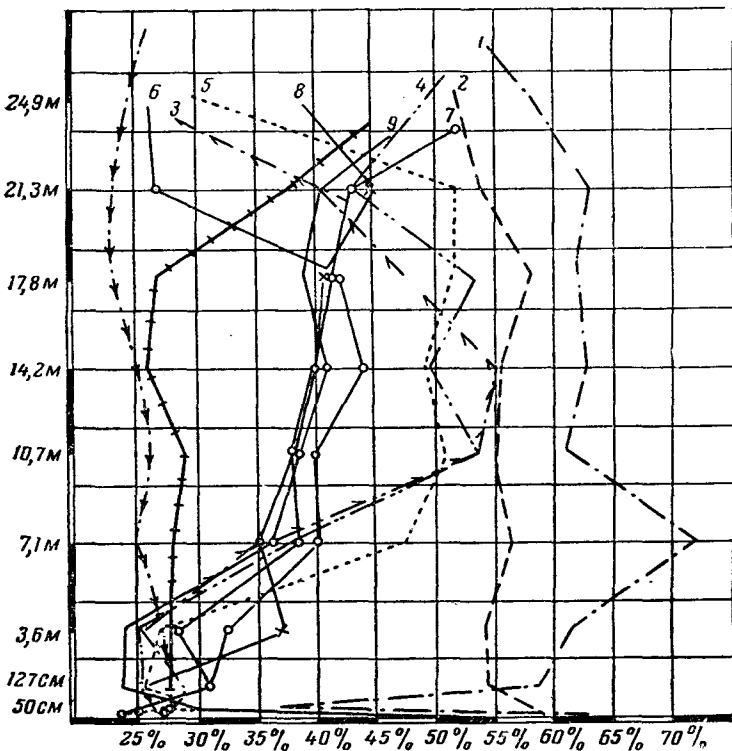


Рис. 48. Распределение воды в стволе (на 2 см глубины его) подпиленных сосен.

этом понижается и, во-вторых, эфирные пары наполняют межклетники.

Из всех вышеперечисленных приспособлений, в отношении древесных растений надо остановиться на весьма важной функции ствола, как запасного водохранилища.

При временном недостатке влаги (от засухи и пр.), будучи поставлено в критическое положение от кратковременного нарушения равновесия между испарением листвой и подачей к ней воды из почвы, дерево расходует на транспирацию ту воду, которая заключена в древесном стволе, а также и в остове кроны, и этим заимствованием воды оно стремится свести свой баланс.

С этой точки зрения ствол надо рассматривать как запасное водохранилище древесного растения. Поэтому лес более устойчив против временной засухи, чем сообщества травянистых растений. Из травянистых тоже более засухоустойчивыми являются те растения, которые имеют развитый стебель, как, например, кукуруза, подсолнечник и т. п., но которые приносят урожай даже и при сильной засухе.

По своей функции древесный ствол аналогичен тем специальным водохранилищам, какие представляют собой бочковидно-раздутые стволы ваточника или шерстяного дерева, из сем. *Bombacaceae* в Бразилии (в Каатинчесе); напоминает он также богатые водой кактусы тропические и подтропические в Америке, которых животные, особенно однокопытные, отыскивают в сухое время года, как колодцы, но острые колючки дают растениям защиту от всяких нападений.

Кактусовое дерево (*Cereus gigantea*) с содержанием воды до 91% может жить, не потребляя извне воды, свыше одного года и даже два года (а некоторые другие виды—даже три года).

На вышеупомянутую роль древесного ствола указывают разнообразные данные исследования и опытов, так:

- 1) разноречивость результатов исследований распределения влаги в стволах наших деревьев;
- 2) сухость стволов сухостойных и отмирающих деревьев в насаждении;
- 3) результаты исследований кольцевой подпилки оболочки деревьев и
- 4) сушка леса на корне ошкуриванием стволов.

Распределение влаги в стволе дерева, разумеется, зависит от метеорологических условий и времени года, поэтому оно не постоянно, а подвержено колебаниям. По этому вопросу произведены над разными породами многими лицами обширные исследования, давшие весьма разноречивые результаты относительно распределения влаги как по длине ствола, так и по временам года.

По многим исследованиям Р. Гартига и других ученых, содержание влаги от комля дерева вверх по стволу последовательно возрастает, так что самые богатые водой части дерева—вершина и ветвь, а затем шейка корня (пень); от этой шейки содержание воды по длине корневого аппарата убывает. Но, с другой стороны, вместе с тем установлена наличность обеднения водой посредине ствола в летнее время; так, у дубовых деревьев в сухое лето содержание воды от основания до середины ствола, по Гартигу, уменьшается, а затем кверху оно увеличивается.

Кроме того, Гартигом же подмечен тот факт, что в некоторые годы верхние части ствола в декабре беднее водой, чем нижние, которые уже успели покрыть к этому времени недостаток воды от летней транспирации.

По временам года в древесных стволах содержание воды в древесине оболочки, по многим исследованиям, бывает максимальное летом (в июне и июле), а затем происходит падение к зиме, и минимальное содержание приходится в конце зимы.

Подобным же колебаниям подвержено также содержание влаги и в ядре, или матерой древесине ствола.

По другим же исследованиям установлен факт, что бук и сосна имеют по два максимума (в декабре и июле), а то один максимум (в январе).

Береза тоже имеет то один максимум (в марте или феврале), а то два максимума.

Эта разноречивость понятна и вполне естественна. Общей закономерности в отношении распределения влаги по длине ствола и по временам года, при использовании этой влаги на транспирацию, не может быть: для каждого климатического района—свой закон с частыми отступлениями, в зависимости от засух, ветров и других метеорологических факторов, влияющих на размер транспирации деревьев.

По произведенным исследованиям в насаждении содержание влаги в стволах деревьев различных классов сильно изменяется, в зависимости от степени их развития; максимальным количеством воды обладают деревья I и II класса; с другой стороны, минимум влаги имеют сухостойные деревья, которые в этом отношении мало отличаются от воздушно-сухой древесины в изделиях; несколько больше влаги содержится в сильно угнетенных деревьях (V-а кл. и IV по Крафту), как это установлено, между прочим, работой по определению влажности студентом Лошкаревым в 1914 г. в Академической лесной даче над елью, сосной и березой. Такого рода исследование желательнее повторить.

Повторными перерасчетами на постоянных пробах с графическими планами распределения деревьев в даче Тимирязевской академии давно констатировано, что при отмирании угнетенных экземпляров происходит усушка древесного ствола в толщину на 1—1,5 см, сопровождающаяся у ели нередко даже образованием продольных трещин на стволе.

В полном согласии с этими данными находятся результаты произведенных в Академической даче исследований количества влаги в стволах сред-

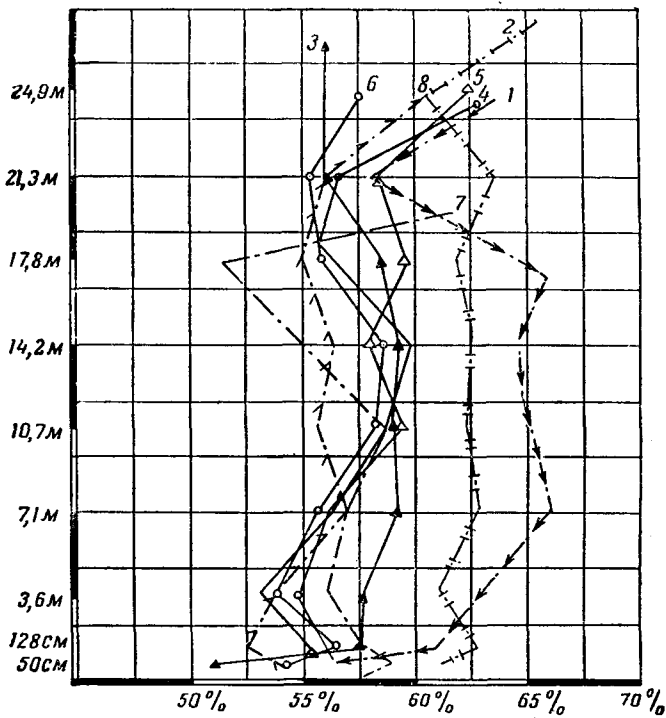


Рис. 49. Распределение воды в стволе (на 2 см глубины его) контрольных сосен.

них моделей, показавшие, что при густом древостое сосновых и еловых насаждений деревья беднее водой, чем в редком древостое; так, по исследованиям студента Лесного института Кириллова в 1914 г., которым бралось в изучаемых 28—29-летних насаждениях по три экземпляра средней модели в каждом насаждении, со взятием в каждом дереве трех проб древесины на 0,25, 0,5 и 0,75 длины ствола, оказалось, что в редком сосняке (2730 деревьев на 1 га) влажность стволовой древесины в среднем равняется 57,4%, а в густом (4820 деревьев на 1 га)—всего 52%.

Желательна также повторность этого исследования, ввиду его важности для изучения жизни насаждения.

Что касается влияния кольцевой подпилки оболони у оснований деревьев на влажность стволовой древесины, то по этому предмету в Академической даче двукратно произведены были исследования на многих 90—100-летних соснах и березах студентами Брызгаловым, К. В. Войтом и П. А. Распоповым, показавшие, что подпиленные деревья, т. е. лишенные возможности получения воды из почвы, во-первых, продолжают жить два вегетационных периода, а некоторые березы—даже почти и три сезона, образуя в конце жизни маленькие листочки, как у карликовой березы; во-вторых, по сравнению с контрольными деревьями, в подпиленных сосновых стволах влага перемещается в радиальном направлении к периферии, т. е. к камбиальному слою из внутренних слоев оболони и даже из ядровой древесины (у березы же этого явления не замечается), и, в-третьих, при этом в средней части ствола березы происходит чрезвычайное обеднение влагой оболонной древесины (см. рис. 48, 49, 50, 51, 52, 53).

Затем, в лесохозяйственной практике сушка леса на корню транспирацией весьма часто производится путем кольцеобразного ошкуривания стволов (или подвяливания) в практических целях, а именно для улучшения технических качеств древесины или в интересах получения лесного



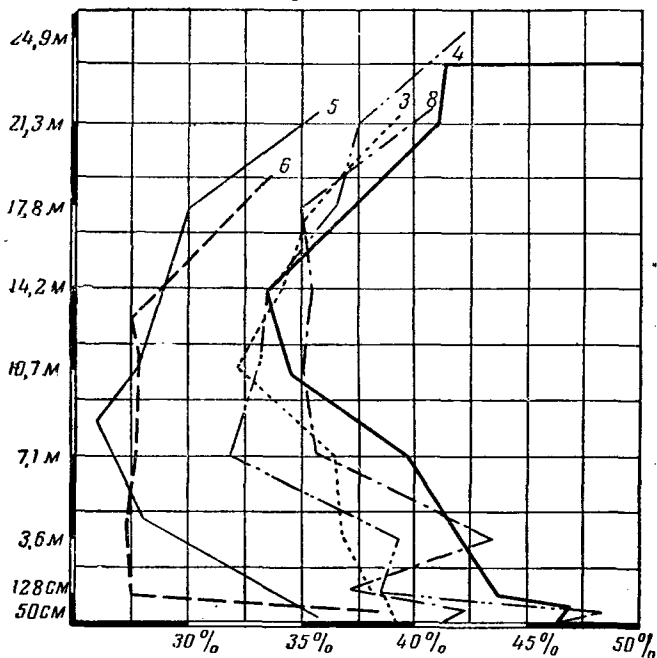


Рис. 50. Распределение воды в стволе (на 2 см глубины его) подпиленных берез.

материала, более легковесного, способного плавать на воде. Подвяливание деревьев, прерывая в них нисходящий ток по стволу, влечет за собой прекращение роста корней и, следовательно, подачи ими воды из почвы.

Ошкуренные деревья продолжают жить несколько лет (осина 3—5 лет), пока не потеряют на транспирацию весь запас влаги в стволе и корне.

На этом основано подвяливание на корню некоторых пород за несколько лет до их срубки. У нас такой прием применяется в отношении осины, между прочим, на Урале, где осина, употребляемая на железоделательных заводах на планки для упаковки кровельного железа, подвяливается за 3—4 года до срубки. В Индии этот прием широко практикуется на тике (*Tectona grandis* L.), представляющем собой самый ценный материал в кораблестроительном деле; к обязательному подвяливанию тика побуждает, в частности, то обстоятельство, что неподвяленные тиковые бревна нельзя сплавлять по реке, так как они тонут в воде.

У нас на севере Европейской части СССР такой же тяжеловесностью обладает лиственница, но так как прием ошкуривания по отношению к ней неизвестен северным лесопромышленникам, то эксплуатация лиственничных деревьев производится в самых ограниченных размерах.

Отчасти в связи с рассматриваемым вопросом находится применяющийся, при уходе за смешанными насаждениями, прием задержки роста в высоту деревьев второстепенных пород путем обрубки у них нескольких корней.

Как известно, характерную черту лесной почвы составляет повышенная и постоянная влажность верхнего слоя почвы, в чем ясно выражается влагосберегательная способность насаждения. Явление это имеет существенное значение в жизни насаждения; благодаря этой влажности обеспечивается возможность образования семенных всходов и развития подроста под пологом насаждения, то есть обеспечивается непрерывное существование леса.

Наряду с этим лесная почва имеет следующую, другую характерную черту: весьма значительное, сравнительно с травянистой растительностью, потребление влаги сообществами деревьев обуславливает иссушение в лет-

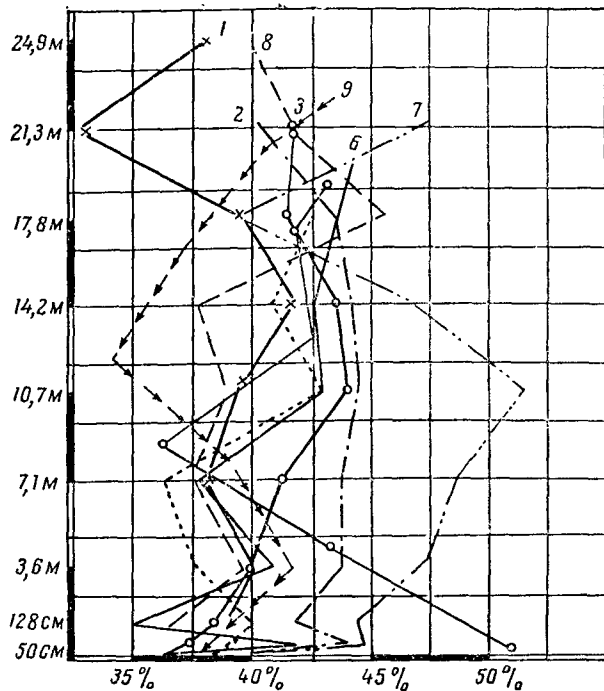


Рис. 51. Распределение воды в стволе (на 2 см глубины его) контрольных берез.

нее время того горизонта грунта, в котором распространена корневая система деревьев, причем наибольшее высушивание этого горизонта, по исследованиям Г. Ф. Морозова, происходит под насаждением в том его возрасте, когда оно дает максимальный текущий прирост древесины, т. е. когда потребность насаждения в воде достигает максимума (для сосны около 40—50 л.). Степень иссушения грунта находится в зависимости от густоты и формы насаждения, а также от габитуса корневой системы.

Появляется же первоначально это иссушение, при сомкнутости полога, тогда, когда начинается усиленный массовый прирост насаждения, значит, увеличивается потребность в воде и, наряду с борьбой из-за света, возникает между деревьями борьба из-за почвенной влаги, сопровождающаяся усилением самоизреживания насаждения.

Корневая система деревьев своим строением и развитием могла бы многое рассказать и выяснить относительно потребления воды древесными растениями, так как водоснабжение составляет важнейшую ее задачу; но, к сожалению, она пока крайне мало затронута исследованием. Одно уже мощное развитие корневой системы наглядно говорит, как громадна у деревьев потребность в почвенной влаге; у старой (80—100-летней) ели, например, длина главных боковых корней достигает 15—17 м, а для дуба в степной области 21 м.

Чем суше климат, тем поверхностнее развита корневая система деревьев (т. е. в вертикальном направлении развитие корней идет слабо) и тем больше масса корней за счет воздушной части дерева.

Поэтому является редкий древостой леса и низкорослость его в южных широтах, в частности в степях.

На шведской сельскохозяйственной и промышленной выставке 1897 г. в Стокгольме, которую я осматривал, был представлен привлекающий к себе общее внимание весьма редкий экспонат — отмытый от земли несколькими пожарными насосами старый еловый пень со всей его корневой системой,

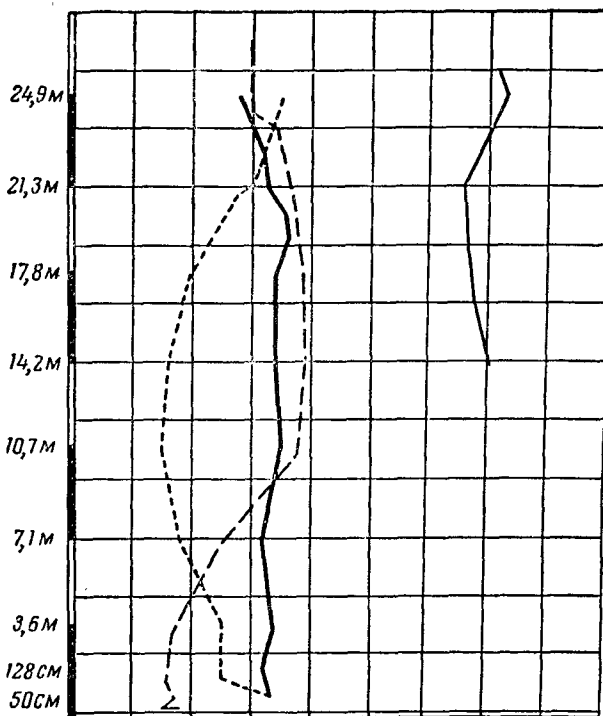


Рис. 52. Распределение воды в стволе (на 2 см глубины его) сосен и берез (%).

Контр. ————— } сосна ————— } береза  
 Подпил. - - - - - }

которая занимала почти весь потолок зала площадью до 546 м<sup>2</sup>, причем некоторые корни простирались на 18 м.

Если бы в старом ельнике, сняв верхние слои почвы, раскрыть все корни с их разветвлениями, то нас поразила бы необычайно густая сеть корневых сплетений и колоссальная величина всего подземного аппарата, главное назначение которого — доставлять зеленому пологу деревьев воду с солями из почвы.

Работе корневого аппарата немалую услугу оказывает волосность почвы. С уменьшением влаги в горизонте грунта, пронизанном разветвлениями корней, в него поступают, благодаря капиллярности почвы, новые запасы влаги из более глубоких горизонтов.

Если грунтовые воды залегают глубоко, то эта капиллярная подача воды происходит путем, так сказать, последовательной передачи ее в порах земли из одного слоя в другой, с поднятием ее все выше и выше. Сверх того, в почве и грунте перемещается вертикально также парообразная влага, в силу колебаний атмосферного давления и разницы температур в различных горизонтах грунта.

Таким путем деревья могут потреблять воду с глубины гораздо более значительной, чем тот горизонт, в котором распространена корневая система, — с глубины до 15 м.

Способность корневых мочек деревьев потреблять воду не только в капельножидком виде, но также и в парообразном состоянии, хорошо демонстрируется на прилагаемой фотографии<sup>1</sup>, представляющей вход в Хиршберг-

<sup>1</sup> Фотографии, представляющей вход в Хиршбергский туннель, в литературных материалах проф. Нестерова не оказалось. — *Ред.*

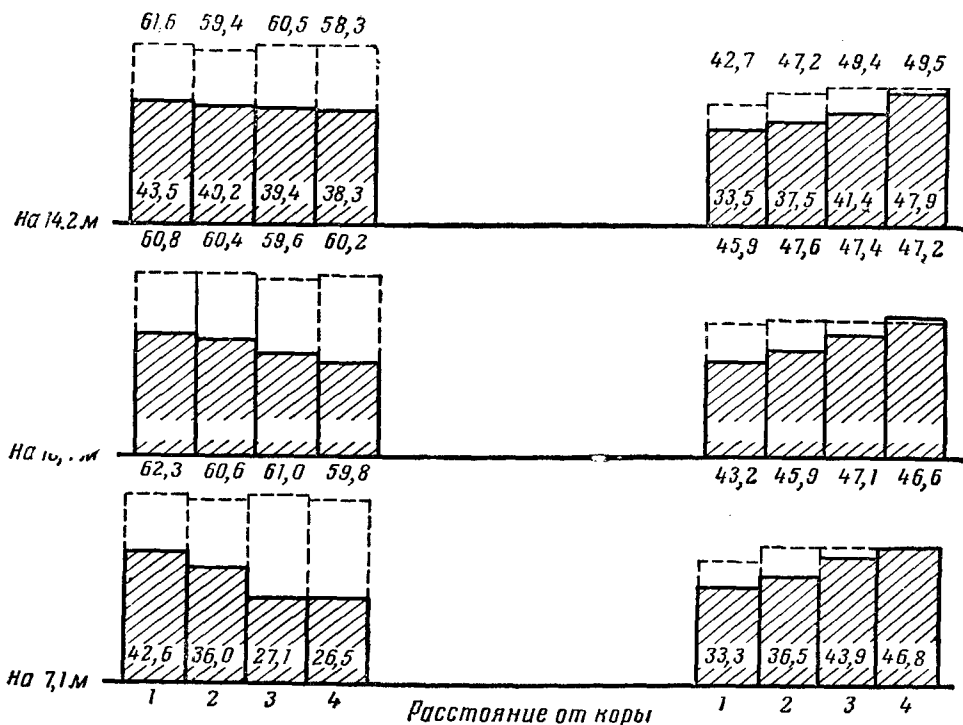


Рис. 53. Распределение влаги по диаметру ствола на высоте 7,1; 10,7 и 14,2 м.

Сосна (слева). Береза (справа).  
 2-х контрольных (пунктир) Средний % из 3-х контрольных (пунктир)  
 2-х подпильных 2-х подпильных

ский туннель, длиной 419 м, проведенный под еловым лесом в имении графа Шварценберга, в Богемии, при сооружении знаменитого Шварценбергского канала для сплава леса из гор Бомервальда к Балтийскому морю (по рр. Молдаве и Эльбе) или же к Черному морю (по Дунаю).

В этом туннеле, благодаря высокой влажности стоячего воздуха над водой, как видно из фотографии, корневая система еловых деревьев свешивается из свода туннеля в воздух почти сплошной густой, как щетка, бородой или метлой со множеством корневых мочек, потребляющих водяной пар из воздуха.

Такого же рода явления должны происходить также и в почве, где разные пустоты и некапиллярные ходы, наполненные воздухом с насыщенными водяными парами, представляют собой аналогичные условия для принятия корневыми мочками парообразной воды.

Из сказанного относительно потребления лесом грунтовой воды уже а priori можно полагать, что в ровной местности, при горизонтальном положении слоев грунта, т. е. при отсутствии движения грунтовой воды, лес должен летом понижать уровень грунтовых вод, по сравнению с соседним открытым местом. И это понижение должно быть тем значительнее, чем меньше воды имеют деревья в своем распоряжении (например, мало выпадает годовых осадков, в частности, в летнее время), а также чем больше расход воды, производимый насаждением (величина  $p$  в формуле), вследствие сухости воздуха или высокой его температуры, или больших ветров, или в силу совместного действия этих метеорологических факторов, или же благодаря наступлению возраста максимального текущего прироста древесины.

Киргизами б. Сыр-Дарьинской области по горькому опыту уже давно замечено, что саксаульники, то есть сплошные насаждения из саксаула,

сильно понижают под собой уровень грунтовых вод. Надо заметить, что саксаул принадлежит к ксероморфным породам, экологичнейшим образом расходующим влагу, путем ряда приспособлений, до полной атрофии листьев включительно; как у безлиственного дерева, у него роль фотосинтеза исполняют зеленые побеги, в общем по своему виду напоминающие иглы сосны.

При всей экономности испарения воды, тем не менее саксаул, произрастая насаждениями, настолько понижает под собой уровень грунтовых вод, что, по утверждению киргизов, в центре саксаульника найти эту воду очень трудно. По сообщению Э. Н. Фишера<sup>1</sup>, по всему пространству Муюн-Кума, района, самого богатого этими лесами (б. Сыр-Дарьинской области), на открытых местах подпочвенная вода залегает так близко к дневной поверхности, что кочующими киргизами роются колодцы на глубину 1,5—3 м, доставляющие в изобилии питьевую воду (местами у одного колодца поят беспрерывно по 2—3 тыс. голов скота). Между тем на окраинах саксаульников глубина колодцев уже не менее 6—8,5 м, а иногда и до 21 м, причем вода уже солонцеватая или горьковатая, порой же совершенно непригодная для питья, и в общем ее мало. В центре же саксаульников, как уже сказано, найти воду уже очень трудно.

Произведенные в 90-х годах в России и за границей исследования вполне подтверждают высказанные предположения.

Летом 1895 г. гидрологом Отоцким произведены экспедиционно сравнительные исследования над залеганием уровня грунтовых вод в лесу и вне леса в двух пунктах лесостепной полосы Европейской части России, а именно: в Шиповом лесу (Павловский у. б. Воронежской губ.) и Чернолесском лесу (Александровский у. б. Херсонской губ.),— тот и другой лес дубовый, тут и там местоположение чрезвычайно ровное.

Эти исследования дали Отоцкому следующие результаты:

1) в ровной степной местности запас влаги для питания ключей (величина «г») в лесу меньше, чем в окружающей безлесной местности (вывод этот совершенно не обоснован на каких-либо данных);

2) в лесу грунтовая вода летом стоит значительно глубже, чем в окружающей степи; по мере приближения от степи к лесу заметно понижается уровень грунтовой воды. При переходе в лес часто бывает на опушке внезапное падение грунтовых вод на коротком расстоянии;

3) понижение уровня грунтовых вод меньше всего в молодняках, а в средневозрастных густых насаждениях (60—80 л.) бывает наибольшее;

4) даже под незначительными прогалинами уровень грунтовых вод может подниматься, и

5) в северной части СССР влияние леса (ельников) на уровень грунтовых вод значительно меньше, чем в степной области.

Для наглядности приведем несколько цифровых данных.

В Шиповом лесу на расстоянии 193 м пункт от пункта (1-й—в лесу, а 2-й—в степи) водоносный горизонт под лесом оказался ниже почти на 11 м; в одном случае понижение его на 10 м замечено на расстоянии всего 32 м.

В Чернолесском лесу падение грунтовых вод менее резко: на расстоянии 72 м оно равнялось 2,75 м; в одном случае на расстоянии между пунктами около 200 м уровень воды под лесом оказался ниже почти на 5 м.

По исследованиям того же Отоцкого, в ельниках Ленинградской губернии оказалось гораздо меньшее понижение грунтовых вод под лесом, чем в лесостепи, как и нужно было предполагать; так, в Удельном лесу разница в уровне грунтовой воды в лесу и на открытом месте составляла лишь около 1 м (1,16 м) на расстоянии 86 м между пунктами; в лесу Павловской обсерватории эта разница оказалась всего лишь 0,5 м на протяжении 90 м.

<sup>1</sup> В. И. Л и п с к и й. Лесная растительность в Туркестане, СПб, 1911. Приложение II. Э. Н. Ф и ш е р. Саксаульные леса в Муюн-Кумах.

Такое слабое понижающее влияние леса на уровень грунтовых вод на севере вполне понятно: здесь, по сравнению с степной областью, гораздо большее количество годовых осадков, высокая относительная влажность воздуха, более низкая его температура и более слабые ветры, обилие грунтовых вод, движение этих вод и близость их к дневной поверхности, а также малая транспирация ели по сравнению с дубом и поверхностное распространение у нее корневой системы и т. д.

Во Франции такого рода исследования, но стационарные, а не летучие, произведены близ г. Нанси с 1 мая 1900 г. по март 1901 г. в казенном лесу, для чего было сделано 6 буровых скважин в лесу и 5 рядом в поле, при расстоянии около 300 м от леса; по наблюдениям оказалось, что за все время наблюдений уровень грунтовых вод под лесом всегда стоял на 0,9—1,6 м ниже, чем среди поля.

Затем во Франции же, в лесу Мондон, близ Люневилля, в местности очень ровной и с большим количеством годовых осадков (в 1900 г.—713 мм и в 1901 г.—891 мм), было заложено 5 скважин в лесу и 5 скважин на открытых местах. Наблюдения производились ежемесячно в течение 2½ лет (с 4 мая 1900 г. по 21 августа 1902 г.). В результате оказалось, что уровень воды под лесом, сравнительно с открытыми местами, стоял ниже в среднем на 0,3 м и что под старым лесом понижение уровня было больше, чем под молодняком. Вместе с тем замечено, что амплитуда колебаний уровня грунтовых вод под лесом меньше, нежели на безлесном пространстве («Журнал опытной агрономии», 1903, № 4).

В целях проверки результатов исследований по вопросу о гидрогеологической роли леса индийский лесовод Р. П и р с о н в окрестностях г. Барода, Западной Индии, установил наблюдения в тиковом лесу Mohulia (в округе Panch) в двух колодцах, из коих один в лесу, а другой—вне его, на расстоянии 1300 м один от другого при разнице в высотах пунктов в 2 м и при одинаковом геологическом строении: под слоем почвы залегают пески с гравием, валунами и известковыми стяжениями (капчак), покоящиеся в свою очередь на траппах. Измерения производились раз в месяц в течение двух лет,—с 8 апреля 1904 г. по 10 апреля 1906 г., и они дали следующие результаты:

1) уровень грунтовой воды под лесом за все время был ниже, чем вне леса;

2) уровень в лесу более постоянен, и

3) действие осадков сказывается в лесу позднее, но продолжается дольше, чем вне леса. По мнению исследователя, в Индии требуется ряд годов с нормальной дождливостью для компенсации падения грунтовых вод в засушливый год. Разница в уровнях воды в лесу и вне его гораздо значительнее в сухих местностях, чем в более орошаемых (R. S. Pearson. «The level of subsoil waters with regard to forest». Напечатано в журнале «The Indian Forester», 1907, № 1, p. 57—69).

Нельзя, однако, широко обобщать, как то делают многие (в том числе и П. Отоцкий), вышеприведенные и другие подобные факты и утверждать, что повсюду на земном шаре на равнинах лес должен оказывать понижающее влияние на уровень грунтовых вод.

Прежде всего необходимо принимать в соображение то обстоятельство, находится ли грунтовая вода в движении или нет, а это зависит от формы поверхности водоупорного горизонта (глины, песчаника, кристаллической породы и т. п.); лишь при горизонтальности этого ложа грунтовая вода покоится на нем без движения.

В большинстве же случаев даже и на равнинах, при дневной поверхности земли ровной, как стол, водоупорный горизонт, на котором залегают водонесный слой (песок, хрящ и т. д.) с грунтовой водой, имеет наклон, и грунтовая вода движется по этому наклонному ложу с большей или меньшей скоростью, в зависимости от угла падения водоупорного горизонта и от

количества грунтовых вод, то есть от величины водосбора, количества просачивания осадков, мощности водоносного слоя, степени его зернистости и насыщенности водой, а отчасти также в зависимости от мощности и степени водопроницаемости поверхностных отложений, через которые просачиваются атмосферные осадки и в которых происходит конденсация водяных паров как атмосферных, так и передвигающихся из земных глубин, каковая конденсация имеет место в природе.

Надо принять во внимание также, что уровень грунтовой воды идет не параллельно дневной поверхности, и это несоответствие тем значительнее, чем меньше согласуется с рельефом местности поверхность водоупорного горизонта. Под влиянием эрозионной деятельности стекающих по земле вод рельеф местности, сперва, может быть, совершенно ровный, принимает капризные и непостоянные контуры; ничего подобного нет в изменениях поверхности водоупорного горизонта.

Можно провести в этом отношении параллель между большим разнообразием поверхности суши и монотонным однообразием рельефа океанского дна, где покатости не превышают  $5^\circ$ , а на дневной поверхности зубчатые и извилистые формы суши составляют покатости в среднем  $15^\circ$ , а на высоких горах—до  $30-40^\circ$ . Эта особенность океанского дна испытана при прокладке кабелей через Атлантику.

Кроме того, в северной и средней области СССР весьма нередко бывает, что в водоносный слой спускается из-за вышележащих отложений водоупорная прослойка, суживающая высоту водоносного горизонта, и при депрессионном понижении грунтовых вод происходит, так сказать, подпруживание движущейся грунтовой воды, с поднятием уровня ее на  $0,5$  м и более. Ввиду этого и по причине встречающейся жильности подземных вод бывает затруднительно определение даже самой высоты уровня грунтовой воды в данном пункте. При таких условиях глубина залегания грунтовой воды одна, сама по себе, не может служить критерием для оценки влияния леса на уровень грунтовых вод.

При рассмотрении этого вопроса играет роль и относительное положение исследуемого леса и поля по отношению к направлению наклона водоупорного горизонта: под лесом уровень воды может быть ниже поля, а может быть и выше, чем вне леса. Это последнее и оказалось в 1900-х годах в Баварии при сравнительном исследовании уровня грунтовых вод в лесу и вне леса на опытной станции в Вендельштейне.

Кроме того, при вышеуказанных условиях, лес хотя и много может потреблять грунтовой воды, однако понижения уровня этой воды под ним не продолжительное время может и не быть, благодаря покрытию убыли соответственным притоком движущейся грунтовой воды, подобно тому, как наполняется колодезь, из которого выкачивается много воды.

В лесной даче Тимирязевской академии по вопросу о режиме грунтовой воды производятся с 1905 г. исследования, для чего были устроены 4 наблюдательных колодца и 9 буровых скважин, из которых 6 представляют собой цепь из трех парных скважин, причем в каждой паре одна скважина заложена на вырубке, а другая—в старом сосновом лесу. Наблюдения над уровнем воды ведутся ежедневно, и они показали, что в 3-м и 8-м кварталах уровень воды под лесом держится несколько выше, чем на вырубке, в особенности в 8-м квартале, тогда как в 7-м квартале этот уровень бывает и выше, то ниже против лесосеки.

Следует обратить внимание, что даже и при совершенно горизонтальном положении водоупорного горизонта, т. е. при полном покое, равновесии грунтовой воды, несмотря на потребление этой воды лесом, может происходить под ним не понижение уровня воды, а обратное явление в тех местах, где открытая почва, получая огромное количество годовых осадков, большую часть их испаряет, вследствие весьма высокой температуры воздуха и низкой относительной влажности его. Испарение влаги дневной поверх-

ностью обнаженной почвы—явление чисто физическое, между тем транспирация, как физиологический процесс растения, подчиняется иным законам, и ход ее отнюдь не пропорционален физическому испарению, что и проявляется во влагосберегательной способности леса, и в конечном результате уровень грунтовой воды под лесом, по сравнению с открытым местом, может держаться повышенным при чрезвычайной медленности движения воды в горизонтальном направлении в породах мелкозернистых, малопористых.

И факты подтверждают это предположение.

По наблюдениям в лесных насаждениях в окрестностях Мадраса в Индии, где выпадает годовых осадков 1300—1800 мм, вода в колодцах 2—3 м глубиной сохраняется в лесу в течение всего лета, тогда как в соседних колодцах 4,5 м глубиной на открытом месте воды летом не бывает.

При решении вопроса о грунтовых водах, в связи с лесом, при тождественности почвенно-грунтовых условий, надо базироваться на приведенной формуле:

$$\Gamma = O - (и + и^1 + с + с^1 + п + р + ю).$$

В зависимости от изменения величин отдельных факторов из общего их числа 9, в сравниваемых двух пунктах (лес и открытое место), водоносный горизонт под лесом будет снабжаться водой много, мало или даже будет терять воду.

Следует при этом иметь в виду, что, говоря о грунтовой воде, всегда подразумевается вскрытая вода и видимая в колодцах и буровых скважинах, так как для суждения о режиме нескрытых подземных вод у нас нет абсолютно никаких данных, и что уровень вскрытой грунтовой воды находится в очень тесной зависимости от атмосферного давления и подвержен поэтому весьма сильным колебаниям, понижаясь с поднятием этого давления и наоборот.

Несомненно, лес—система сильных насосов, выкачивающих воду из грунта, и эта работа его проявляется в природе в разнообразных направлениях и формах.

В согласии с замеченными фактами понижения под лесом уровня грунтовых вод находится и наблюдаемое также в равнинах другое явление, осушение, при посредстве леса, болот.

Не только на крайнем севере и в лесной полосе СССР, но и в других областях глубина залегания грунтовых вод местами почти равняется нулю, т. е. эти воды в слабых понижениях сливаются с поверхностными водами, представляющими собой болота. Действуя как система сильных насосов, выкачивающих воду из грунта, а также испаряющих обратно в атмосферу массу осадков, задерживаемых древесным пологом, лес может осушить болотистую почву при условии чрезвычайно медленного передвижения грунтовых вод в горизонтальном направлении в породах мелкозернистых. Такие случаи хорошо известны: так, в Италии при монастыре трапистов Тре Fortana и в других местах путем разведения с 1868 г. эвкалиптовых рощ удалось осушить и оздоровить болотистые местности, где прежде были тс пи и свирепствовали малярии и лихорадки.

Хотя, впрочем, королевской комиссией в 1881 г. установлено, что осушке при монастыре трапистов Тре Fortana способствовало также и исправление существовавшей раньше канализации, которая со временем пришла в негодность, и что перемежающиеся лихорадки изредка бывали и в лесах эвкалипта (Della influenza dei boschi sulla malaria dominante nella regione maritima della provincia di Roma. В виде извлечения смотри также сообщение Perrona «Allgem. Forst- und Jagdzeitung», 1885 г., а равно сообщение Tomusi Grudeli в «Comptes rendus», т. II, сделанное на V международном конгрессе по гигиене и демографии).

Бичом Закавказья является малярия, издавна гнездящаяся в болотистых долинах Риона и других местах с большим количеством атмосферных осадков, в отношении которых Батумское побережье является, по дождливости, вторым местом в мире (4600 мм в год). По данным за 1921/22 гг., в не-



которых местностях Грузии болело до 80—100% населения; при этом малярия занимает среди всех инфекционных заболеваний первое место, составляя, например, в Армении по долине Аракса до 50—80% всех заболеваний. В общем во всех низменных местностях Закавказья население подвергнуто малярийным заболеваниям, и общее число больных составляет 1 млн. Следствием малярии является убыль населения, а также большой процент заболеваний туберкулезом. Так как малярия значительно понижает производительность труда местного населения, то она является препятствием для развития закавказского земледелия и промышленности.

В борьбе с малярией наиболее важными являются профилактические мероприятия; в числе этих мероприятий наиболее радикальным средством является осушение почвы. Осушение же почвы может быть достигнуто древонасаждением специальных пород, как—эвкалиптов, которые на Батумском побережье изумительно быстро растут и чрезвычайно интенсивно осушают почву.

Осушительные работы, в частности посадка эвкалиптов, в Закавказье производились в крайне незначительных размерах, и развитие их составляет главнейшую задачу, которая может освободить край от малярийного бича.

Гораздо чаще у нас в областях, где в поверхностных водоносных горизонтах верхневалуных песков имеются весьма благоприятные условия для образования и скопления грунтовых вод, которые залегают близ дневной поверхности, а в понижениях даже сливаются с поверхностными водами, например, в северной и частью средней полосах СССР, при большом количестве осадков и слабом испарении, а также в б. Привислинском крае при еще более значительном количестве атмосферных осадков наблюдается обратное явление: после сведения леса или истребления его пожаром происходит в большей или меньшей степени заболачивание почвы в котловинах, в ровном местоположении. С прекращением работы древесных насосов, естественно здесь должен образоваться в почве избыток воды, раз нет стока для нее по поверхности почвы или водоносному горизонту.

Заболачивание почвы после вырубки леса с давних пор установлено в лесохозяйственной практике Германии и Франции. В Германии П. Г р е б н е р (P. Graebner) в своем труде «Handbuch der Heidekultur» (см. подробный реферат М. Г у р в и ч а в «Лесном журнале», 1906, № 3 и 4), по данным изучения водорослей и микроорганизмов, тщательно излагает ход процесса заболачивания песчаной почвы с уничтожением на ней леса и ставит в эволюционную связь песчаные пространства, моховые болота и верещатники как естественные группы формаций. В России Г. И. Танфильев подробно с ботанической стороны, описывает постепенный ход заболачивания под влиянием вырубки леса или лесного пожара<sup>1</sup>.

Широкое распространение болот на севере Европейской части СССР в районах, которые еще в историческую эпоху были заняты лесом,—факт общеизвестный; в колоссальных размерах это заболачивание совершается в Восточной Сибири под влиянием палов.

Если же почвенно-грунтовые условия и рельеф местности не допускают при этом заболачивания почвы, то на таких обнаженных от леса местах, например после сведения соснового леса на суглинках, все-таки появляются гипнумы, кукушкин лен, сфагнум и различные представители травянистой флоры сырых мест и болотной растительности<sup>2</sup>: разные ситники (*Juncus eilifolius* L., *J. conglomeratus* L., *J. lamprocarpus* Ehrh.), осоки (*Carex remotifolia* L., *C. vulgaris* Fries., *C. canescens* L. и др.), злак *Molinia coerulea* Monch, мытник болотный (*Pedicularis palustris* L.), скерда болотная (*Crepis paludosa* L.).

<sup>1</sup> Г. И. Танфильев. О болотах Петербургской губернии. Труды Вольного экономического общества, 1889, т. II, стр. 149 и след.

<sup>2</sup> См. статью С. Г а н е ш и н а. Растительность горных лесничеств Келецкой губернии, напечатанную в журнале «Заметки по вопросам лесного хозяйства Радомского округа», 1909, № 21.

Monch.), ястребинка скороспелка (*Hieracium auricula* L.), пушица узколистная (*Eriophorum angustifolium* Both.) и т. п.

При оценке водной потребности древесной растительности и значения леса для гидрологии равнин всегда надо иметь в виду следующие два основных положения:

1) Испаряя с своего полога массу задержанных осадков и транспирируя много воды из грунта, лес способствует увлажнению атмосферного воздуха в летнее время, в чем так нуждаются, между прочим, наши поля, в особенности в области южнорусских степей. В этом отношении лес представляет собой могучий пульверизатор в природе, увлажняющий атмосферу, и

2) лес добывает и выкачивает из глубин, недоступных никакой другой растительности, воду, находящуюся там без употребления, и отдает ее в атмосферу, вводит ее снова в круговорот, давая этой воде возможность опять опуститься на землю в виде благодетельного дождя или тут же над лесным массивом, или в окружающем районе, причем, при содействии ветра, этой водой на большой территории может совершаться в году по несколько оборотов.

В горных областях и вообще в пересеченных местностях лес, произрастающий на склонах, задерживая поверхностный сток воды, а также сдувание и сползы снега (величина  $s$  и  $s^1$ ), накапливает большой запас почвенной влаги для регулирования питания грунтовых вод, ключей и источников.

Благодаря этим условиям, а также быстрому просачиванию воды в лесную минеральную почву в названных областях на склонах уровень грунтовых вод под лесом, по сравнению с открытым пространством, стоит не ниже, а, наоборот, выше, и тем больше разница обеих уровней, чем значительнее лесной массив, произрастающий на склоне.

Вместе с тем установлены факты появления ключей у подошвы возвышенностей после вырубki произраставшего на ней леса (эвкалиптового) в Австралии. Подобные же явления замечены и в других странах, и они доказывают, насколько могуча система насосов, представляемая лесом.

Насколько велико может быть накопление под лесом подземных вод, показывает, между прочим, имевшийся под г. Барселонетом (во Франции) поучительный случай сполза толщ земли вместе с лесом по каменистому скату как при таянии снега, так и при ливнях. Предпринимавшиеся гидротехнические сооружения оказывались безрезультатными. Этот сполз земли был прекращен по вырубке леса, когда осадки преимущественно стали стекать поверхностно (по дерновому покрову), мало просачиваясь в почву. В этом отношении поучительные примеры представляют также Карпаты, массив которых образуется из чередующихся пластов карпатского песчаника и легко выветривающегося глинистого сланца.

Выветривавшиеся слои глинистого сланца, поросшего лесом, напитавшись водой, сползают по лежащим под ними круто наклоненным пластам песчаника и образуют сползы и обвалы в пропасть вместе с растущим на сланце лесом. Местами же, вследствие выветривания сланца и сноса его водой, расположенный над ним песчаник, лишившись опоры, обрушивается. Во всех подобных случаях, для укрепления почвы, целесообразным представляется не облесение, а сдержание почвы (*gazonnement*—во Франции)<sup>1</sup>.

Вышеуказанная важная роль леса, как регулятора вод, выступает во всей своей полноте в горных областях. В частности, огромнейшую важность имеют леса в поясе максимальных осадков, который для гор Европы колеблется между 800—1500 м над уровнем моря, где годовое количество атмосферных осадков достигает 1500—2000 мм, причем на толщцу снега приходится до 3—5 м.

Без защиты леса осадки в горах стремительно стекают по склонам, образуя разрушительные потоки, а толщцы снега нередко скатываются,

<sup>1</sup> См. Demontzey. Etude sur les travaux de reboisement et de gazonnement, Paris.

засыпая долины. С обнаженных горных и каменистых мест, как с домовых крыш и мощеных улиц, стекает почти вся масса выпадающих осадков, вызывая опустошительные наводнения.

Такие площади в горных областях составляют значительный процент, так, по отношению к общей территории, на них приходится: во Франции—18%, в Швейцарии—28,5%, причем в кантоне Валлис—даже 54%.

История Франции, Испании, Италии, Швейцарии и Австрии представляет множество печальных картин опустошений, причиненных с истреблением лесов горными потоками и снежными обвалами.

Колоссальные выносы земли и камней из гор, производимые разливами горных потоков, отлагаются, во-первых, при устье этих потоков так называемыми конусами отложения и, во-вторых, переносятся водой вниз по речной долине; население городов и деревень, расположенных в долине, защищаясь от бедствий наводнений, сыздавна прибегало к устройству вдоль берега долинной реки земляных плотин. С поднятием ложа реки последующими отложениями горных выносов, населением, из поколения в поколение, постепенно делалось наращивание плотин. В результате этой долгой работы ныне оказывается, что в горных областях Италии и Франции многие города в долинах находятся на несколько метров ниже уровня реки, протекающей по долине; так, в г. Барселонете речной уровень в меженное время держится почти на высоте колокольни церкви.

Многими государствами Западной Европы, во главе с Францией и Швейцарией, с 60-х годов производятся в большом масштабе по предварительно выработанным планам обширные работы по укреплению опустошительных горных потоков («торанов») и по облесению их склонов через посредство специально установленных органов в составе лесоводов и гидротехников.

На вышеупомянутые горномелиоративные работы в Альпах и Пиринеях во Франции израсходовано государственных средств свыше 70 млн. франков, не считая сумм коммунальных и кредитов отдельных департаментов.

Так как существующим горным лесам грозит опасность истребления их как со стороны долин, где население заинтересовано в расчистке леса под сельскохозяйственную культуру, так и со стороны альпийских пастбищ, где пасущиеся стада, спускаясь до лесного пояса, губят лесовозобновление и портят древесную растительность, то поэтому западноевропейское законодательство, признавая за горными лесами важное защитное значение, ставит их под особую охрану, допуская расчистку леса лишь с разрешения власти и регулируя пастьбу скота соответственными мероприятиями.

Истребление горных лесов совершается и у нас на Кавказе, в Крыму, на Урале, в б. Ферганской области и т. д. и сопровождается оно теми же печальными последствиями, что и в Западной Европе, т. е. образованием опустошительных горных потоков (сели—на Кавказе), наводнениями в долинных реках, разрушением почвы и грунта, отложениями смытой земли в реках и т. д.<sup>1</sup>

В наших горных областях уже назревает неотложная необходимость тех же горно-культурных лесных работ, которые сыздавна ведутся во многих государствах Западной Европы.

Лесоохранительным законом от 4 апреля 1888 г. и Лесным Кодексом РСФСР (постановление II сессии ВЦИК X созыва от 7 июля 1923 г.), по

<sup>1</sup> В Закавказье за последние 20—25 лет устье р. Куры из земляных выносов образовало дельту, выступающую в Каспийское море на протяжении 20 км, причем на территории этой дельты основалось поселение с кипучей рыбнойпромышленной работой.

В Туркестане ложе р. Аму-Дарьи выше дневной поверхности окружающей местности на несколько метров.

В Китае, вследствие густого народонаселения, леса истреблены с давних пор, и мы здесь видим ужасающих размеров расстройство водного режима: опустошительные половодья, смыв культурных почв, а в летнее время даже в самых больших реках, как в Янцзе-кианге, маловодье из-за мелей и частые засухи с голодовками.

примеру Запада, также было признано за горными лесами защитное значение.

Хотя и не в столь резкой форме, как в горных областях, тем не менее, по существу, такое же гидрологическое значение представляют леса на склонах и небольших возвышенностях, в виде холмов и косогоров, встречающихся повсеместно. Эти леса, во-первых, задерживают поверхностный сток воды и предохраняют почву от разрушения и, во-вторых, повышают уровень грунтовых вод, при известной площади водосбора, питающего эти воды, по сравнению с открытыми местами.

Это гидрологическое значение леса давно уже подмечено у нас народом.

В лесистых местностях средней части СССР и в лесной области севера населением различаются в весеннем половодье рек три воды, известные под различными местными названиями (см. рис. 54).

Первая вода («полевая», или «снежница») — это талая вода, поверхностно стекающая, при таянии снега, по склонам с полей, лугов и других открытых мест.

Вторая («лесная» в б. Костромской и б. Нижегородской губерниях) — тоже верховая вода, но стекающая с лесных площадей; она появляется позднее первой воды на 1—2 недели, смотря по условиям погоды.

Третья («коренная» в б. Костромской губернии и «подошвенная» — в б. Нижегородской губернии) — это вода грунтовая, поступающая в реки много позже стаяния снега, через 1,5—2 месяца после полевой воды; столь продолжительный срок соответствует медленности как просачивания воды в почву, так и движения грунтовой воды до момента достижения ею речного берега и поступления в реку.

Эта третья вода, коренная, имеет существенное значение для сплава и речного судоходства. В тех реках, в которых (как, например, в р. Москве) производится учет дебита (расхода) речной воды, при графическом изображении этого дебита, подъем последнего, обусловливаемый поступлением в реку коренной воды, выражается выпуклостью или горбом, по величине которого, при нормальных условиях весенней погоды, можно отчасти судить о количестве имеющихся в речном бассейне сомкнутых лесов, в частности хвойных (как наиболее задерживающих снеготай), а равно и о тех условиях, при каких совершался снеготай (были ли ночные заморозки, дожди и т. д.), а с уничтожением лесов, по верному замечанию народа, все вышеупомянутые три воды (полевая, лесная и грунтовая) сходятся в одно время, другими словами, вся вода от тающих снегов в бассейне несется в реку сразу.

Последствием лесоистребления являются в реках, с одной стороны, чрезвычайно сильные разливы весенних вод и внезапные наводнения от ливневых дождей, а с другой стороны — ухудшение сплавоспособности рек и судоходства по ним летом из-за мелководья.

Наряду с указанным явлением выступает зависимость распределения проточных вод от того, отлагается ли на зиму снег на мерзлую или же на мягкую землю.

Если снег выпадает на покрытую лесом землю, мягкую, то в продолжение всей зимы вода из почвы мало-помалу течет в ключах и речках, поддержи-

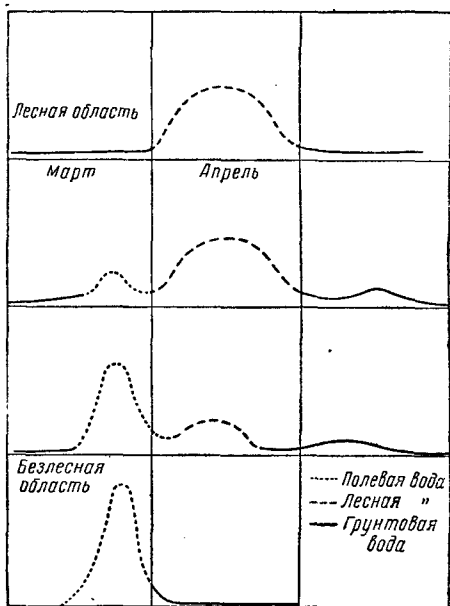


Рис. 54. Разлив внешних вод.

вая зимний уровень воды в реках под льдом, и весной поэтому выступает меньшее количество грунтовых вод при половодье.

Если же, наоборот, снег покроем обнаженную землю в мерзлом ее состоянии, то течение грунтовых вод зимой останавливается: перед замерзшими берегами водотоков воды эти скопляются в почве и грунте, а также в болотах; речки промерзают до дна, причем рыба из них предварительно убегает в низовья, а в больших реках происходит зимой значительное падение уровня воды под льдом, порой настолько значительное, что, например, в Астрахани можно по р. Волге ездить под ледяным покровом на лодке на протяжении многих километров.

В таких случаях иногда зимой грунтовые воды, скопившиеся и подпруженные в мерзлых речных берегах, при оттепелях прорывают местами берег, как плотину, и растекаются по поверхности ледяного покрова реки, в виде наледи, слоем до полуаршина на значительном протяжении, например на 10—15 км по р. Каме. При весенней растепели эти подпруженные за зиму грунтовые воды обуславливают значительное половодье в реках.

Эти сезонные и годовые колебания в речном режиме в значительной степени ослабляются и сглаживаются, если склоны речных берегов покрыты лесом, который благодаря своему четвертому защитному покрову (древесный полог, снежный покров, лесная подстилка и горизонт корневых сплетений в почве) защищает берега от замерзания в зимнее время. В деле этой защиты существенно важное значение имеет равномерно отлагающийся под лесом снежный покров.

Отсюда самоочевидной представляется особенная важность лесов, произрастающих на береговых склонах рек и речек, для водного хозяйства и рыбного богатства страны.

Из всего вышеизложенного понятно, что преимущественно влажностью среды определяются географическое распределение лесов по зонам, а также и пределы лесной растительности, при доступности определенных тепловых отношений.

1) Хвойные леса на земном шаре, как малотранспирирующие, распределены зонально в северных широтах и на горных высотах, где выпадает ограниченное количество годовых атмосферных осадков.

2) На горах европейского материка граница лесов на южных склонах ниже, чем на северных, что объясняется иссушающим действием солнечных лучей.

3) Бук, как порода, требующая много влаги, произрастает в климате влажном (Западная Европа, б. Привислинский край, Южный берег Крыма и Кавказа), не заходя на территории Европейской части СССР с континентальным климатом; на горах Западной Европы бук исчезает у верхнего предела пояса максимальных осадков.

Влажностью же определяется и относительная добротность склонов холмов для роста леса. По накоплению зимних осадков и лучшему увлажнению почвы наиболее пригодны для леса:

- а) на севере СССР—южные склоны (так как зимой там северные ветры),
- б) на юге СССР—северные и северо-восточные склоны,
- в) в горах Западной Европы—западные склоны (больше осадков).

Подобные же отношения наблюдаются и в других странах земного шара. Так, в скалистых горах Северной Америки, представляющих собой гряды гор, постепенно поднимающихся все выше и выше, по мере удаления их на восток от побережья Тихого океана, осадки, приносимые ветрами с океана, разумеется, более всего выпадают на обращенных к западу склонах гор; и на этих именно склонах произрастают лучшие леса Тихоокеанской области Североамериканского материка.

Влажность среды (т. е. почвы и воздуха) кладет столь резкий отпечаток на внешнее и внутреннее строение растений, что отношение растений к влаге, как известно, положено геоботаниками в основу классификации биологиче-

ских типов, с распределением растений на 4 группы: 1) гидрофиты, 2) ксерофиты (ксероморфы), 3) мезофиты и 4) галлофиты.

Первые—растения, живущие в воде и на почве, богатой водой.

Вторые—растения, живущие на почве с небольшим содержанием влаги.

Третьи—мезофитные растения, приспособленные к воздуху и почве средней влажности, представляя собой как бы соединение ксерофильной и гидрофильной организаций.

Четвертые—галлофитная растительность свойственна солончакам, то есть эти растения обитают лишь на почвах, богатых натровыми солями, с присутствием хлористого натрия, сернокислого и углекислого натрия, почему они называются также натровыми растениями.

Большинство древесных пород относится к мезофитам. Сравнительно немногие деревья и кустарники принадлежат к ксерофитам, или, лучше, к ксероморфам, как-то: сосна, белая акация, гледичия, серебристый тополь, саксаул, калигонум, тамарикс, кипарис, можжевельник, лох, эфедра, боярышник, падуб, вереск и др.

Ксероморфные породы способны переносить более или менее продолжительные засухи благодаря приспособлениям, имеющим целью регулировать транспирацию, а вместе с тем эти приспособления служат растению и для защиты от слишком сильного освещения.

К галлофитной растительности из числа деревьев принадлежит только дуб; на злостных солонцах древесная растительность совсем отказывается произрастать, а из кустарников их выносят только тамариксы (*Tamarix paniculata*, *T. myricaria* и другие).

Благоприятные лесорастительные условия в степной области представляют:

1) на высоких степях блюдцеобразные углубления (поды), где накапливаются осадки за счет поверхностного стока воды и сдувания снега с окружающей степи; по-видимому, некоторые из этих низин были некогда водоемами<sup>1</sup>;

2) низкие места с близкой грунтовой водой; в частности, особенно благоприятны балки, так как в них слабее ветер и происходит сдувание с степи снежного покрова;

3) склоны с выступающей почвенной водой, в особенности если они расположены с подветренной стороны от господствующих ветров, то есть обращены на север или северо-запад, и

4) песчаные почвы, так как на них поверхностный сток—нуль и капиллярность ничтожная (т. е. испарение почвы слабое), следовательно, все атмосферные осадки поступают в грунтовую воду, которая может питать лес. Кроме того, благодаря хорошей воздухопроницаемости и сильным суточным колебаниям температуры у поверхности песчаной почвы, она способна к наибольшей конденсации водяных паров из атмосферы весной и осенью.

Подтверждением мысли о полной лесопригодности песчаных почв в степях и пустынях служат существующие сосновые леса, спускающиеся островами далеко на юг в степной области, вплоть до Черноморского побережья, а также тополевые леса в Тургайской области и плавневые леса в южных горных степях (*Populus nigra* и *Populus alba*), а равно плавневые леса в самых сухих местностях Туркестана, состоящие из *Populus pruinosa* Schr. (по Аму-Дарье) и тополя разнолистного (*Populus diversifolia* Schr.).

Существующее распределение леса и степи есть результат долговременной борьбы за существование (в частности, за влагу) травянистой и древесной растительности, бывшей еще задолго до появления человека; со своей стороны,

<sup>1</sup> На имеющихся в архивах картах, как наших, так и иностранных, относящихся ко временам походов в Крым московских царей, некоторые низины (поды) показаны водоемами. В Западной Сибири в лесостепной ее части березовые колки занимают такие же низины, нередко с водой на дне низины.

человек произвел большие перемены в соотношениях этих растительных формаций.

Существующие карты лесостепной и степной областей СССР и Северной Америки, с их капризными контурами лесной растительности, как пограничной, так и вкрапленной среди степей и пустынь, дают некоторое представление о перипетиях длительной борьбы травянистой и древесной растительности.

При разведении леса в степной области, конечно, первоначальный рост деревьев в новой обстановке должен быть затруднительным, вследствие многих неблагоприятных физических условий среды, особенно почвенных; преодолев же эти затруднения, раз лес вырос, он уже сам по себе будет создавать условия для своего дальнейшего существования, путем ослабления ветра, увлажнения воздуха, сбережения влаги, создания в почве и грунте вертикального дренажа из сгнивших корней, защиты под пологом своих всходов и т. д.; так что постепенно для следующих поколений леса будут складываться все более и более благоприятные условия существования.

### ВЛИЯНИЕ ЛЕСА НА КОЛИЧЕСТВО ВЫПАДАЮЩИХ ОСАДКОВ

В предыдущем изложении предполагалось, что количество осадков, выпадающих над лесом и над открытой местностью, одинаково. Остановимся теперь на вопросе, не влияет ли лесной массив на количество выпадающих атмосферных осадков?

Сперва рассмотрим те физические условия лесного массива, по сравнению с открытым местом, которые имеют непосредственное отношение к рассматриваемому вопросу.

Благодаря огромному физическому испарению осадков, задерживаемых древесным пологом, и благодаря большой транспирации воды древесной растительностью, с затратой на эту работу значительной солнечной энергии, атмосфера над лесным массивом, по сравнению с открытым местом, отличается большей влажностью и пониженной температурой, и это влияние леса сказывается на высоте даже 1500 м над поверхностью земли.

На приложенной схеме представлено состояние атмосферы в тихую летнюю погоду днем над лесом и над полем (см. рис. 55).

Барометрический градиент сильнее падает над лесным массивом, чем над открытым местом, то есть в теплом воздухе над полем атмосферное давление убывает с высотой медленнее, чем в холодном воздухе над лесным массивом. Если на некоторой высоте над земной поверхностью давление как над лесом, так и над полем одинаково, то на всех вышележащих горизонтах над полем сравнительно с лесом будет избыток давления и изобары поднимаются, а на всех нижележащих уровнях, наоборот, повышенное давление является над лесом, и изобары над ним тоже поднимаются.

Над полем устанавливается восходящий ток, а над лесным массивом — нисходящий. Следствием такого распределения атмосферного давления является перетекание воздуха из более холодной колонны к более теплой — внизу, близ земной поверхности, и обратное — вверх, на определенной высоте над землей.

Над полем получается сверху барическое возвышение, а над лесным массивом — барическая впадина.

При частых и сильных ветрах, нарушающих сложившееся состояние атмосферы, указанная разница между полем и лесом должна быть гораздо меньше, чем в тихую погоду. Поэтому при осадках, выпадающих во время повышения атмосферного давления или не сопровождающихся падением барометра, разница в количестве осадков над лесным массивом и вне его может быть значительнее.

Существование барической впадины над лесным массивом подтверждается наблюдениями авиаторов: при перелете с открытого места в колонну

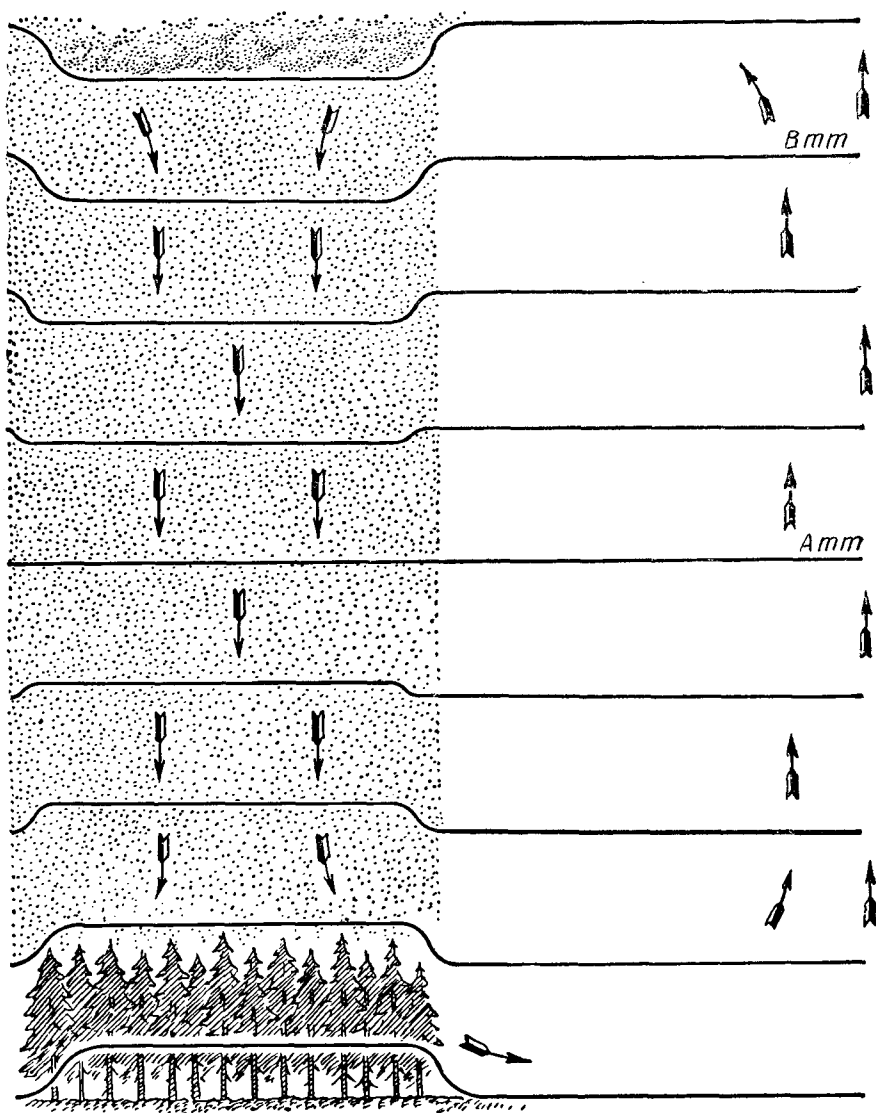


Рис. 55. Схема состояния атмосферы в тихую летнюю погоду днем над лесом и над полем.

холодного и влажного воздуха надлесного аэроплан быстро опускается вниз, на 40—50 м и более, причем авиатором испытывается неприятное чувство падения в пустоту, — по их выражению, «в дыру» или в «воздушную яму». Аэроплан, попавший в эту яму, кидает из стороны в сторону, подвергая летчика и аппарат крайней опасности.

При наличии большого нисходящего тока воздуха эти внезапные падения аэроплана должны быть наиболее резки и сильны.

Охлаждение надлесного воздуха, давно замеченное аэронавтами при полетах над лесными массивами, по свидетельству директора центрального управления военного воздухоплавания во Франции Ренара, выражается весьма значительным опусканием воздушного шара. Этот факт был установлен многими военными воздухоплатателями над Орлеанским лесом, площадью до 54 000 га, когда шар находился на высоте приблизительно 1000 м над землей. Целым рядом произведенных полетов доказано, что



влияние таких лесных массивов, как Орлеанский лес, испытывается на высоте приблизительно до 1500 м над землей.

Далее, в заслушанном Французской академией наук 10 октября 1875 г. мемуаре Тиссандье (Tissandier) о результатах произведенного им исследования при поднятии на воздушном шаре отмечено, что, когда шар пролетал над лесом, гигрометр показывал на 35% больше влажности в воздухе, чем над открытым пространством (*Revue des eaux et forêts*, 1873, стр. 400)<sup>1</sup>.

Исследованиями М. А. Фотра (Fautrat) во Франции также установлено, что воздух над лесом содержит в себе больше водяных паров, нежели над открытой местностью<sup>2</sup>, причем над хвойным лесом влажность воздуха больше, чем над лиственным, что и вполне понятно и можно было допустить à priori, в виду общеустановленного ныне положения, что пологом елового леса задерживается атмосферных осадков, по крайней мере, вдвое больше, чем шатром лиственного, а в абсолютной цифре до 45—50% годовых осадков, и эти задержанные осадки испаряются пологом обратно в атмосферу, как то подробно изложено нами в предыдущем очерке.

Итак, над лесным массивом имеется колонна воздуха с пониженной температурой, обильного водяными парами и представляющего вверху барическую впадину. Колонна эта поднимается до высоты 1500 м над поверхностью земли.

Ввиду громадного возврата влаги лесом обратно в атмосферу—путем физического испарения и транспираций—и благоприятных условий для конденсации над лесом водяных паров атмосферы вполне естественно предположить, что лес должен влиять на общее количество выпадающих атмосферных осадков, причем, при наличии благоприятных воздушных течений, может повышаться выпадение осадков непосредственно в самом лесу или же, в зависимости от силы, направления и температуры воздушного течения, эти осадки выпадут на более или менее отдаленном расстоянии от леса.

Не лишне вспомнить, что столб атмосферного воздуха, сечением в 1 м<sup>2</sup>, содержит водяных паров всего 16,5 кг, что соответствует слою воды на земле в 16,5 мм; даже при полном насыщении этого столба воздуха количество водяных паров в нем достигало бы лишь 25 кг, то есть слоя воды в 25 мм. Вместе с тем напомним, что половина общего количества водяных паров атмосферы приходится в атмосферном слое между уровнем моря и 1600 м (на горах, как изложено выше, пояс максимальных осадков—1500—2000 мм—простирается на высоту от 800 до 1500 м над землей).

Почему над лесным массивом должно выпадать и, как укажем ниже, действительно выпадает больше осадков, чем над полем или другим открытым пространством? Это обуславливается многими причинами.

1) Падающие из облаков дождевые капли или снежинки претерпевают на своем длинном пути (1—1,5 км) более или менее значительные изменения в своей величине в зависимости от состояния воздушной среды, которую они пересекают.

Проходя днем через теплый и сухой воздух над полем или лугом, дождевые капли теряют на своем пути влагу, вследствие испарения, уменьшаясь в своих размерах, и по мере приближения к земле делаются все мельче и мельче. При незначительной начальной своей величине дождевые капли настолько сильно испаряются и мельчают во время падения, что совершенно не достигают земли. Нередко даже весь дождь, состоящий преимущественно из таких капель, выпадает только «в воздухе», не доходя до земли, проще говоря, он целиком превращается в водяной пар. Вероятно, каждому не раз

<sup>1</sup> Многим, вероятно, в гористых местностях (Урала и Кавказа) приходилось наблюдать, как после дождя, когда воздух близок к насыщению, лес на возвышенности «куртятся» туманом, дымкой.

<sup>2</sup> *Influence des bois feuillus et résineux «Compte rendu», t. 85 и «La Revue scientifique», 1876, t. XI.*

приходилось наблюдать такой дождь «в воздухе». Это часто встречается в южной части СССР.

Дождевые же капли, падающие днем в колонне более влажного и холодного воздуха надлесного, на своем пути мало испаряют или совсем не испаряют влагу, притом даже и мелкие первоначально капли не исчезают в воздухе, а достигают земли.

В результате этой разницы в испаряемости каплею дневной дождь, выпадающий над лесным массивом, имеет: 1) более крупные капли и 2) большее число каплею в кубической единице воздуха.

Эта разница особенно разительно должна выступать в осадках зимних. Снежинки, как известно, падают значительно медленнее дождевых каплею. Эта медленность падения имеет большую важность в рассматриваемом вопросе.

Медленно падающие снежинки в колонне надлесного воздуха на пути к земле увеличиваются в своих размерах, нарастают за счет конденсации водяных паров надлесного воздуха, которые образовались путем физического испарения с полога леса ранее выпавших и задержанных им атмосферных осадков.

Подобного роста снежинок не бывает или он сравнительно ничтожен в воздухе над полем или другим открытым пространством.

И действительно, в области произрастания хвойных лесов снежинки в лесу гораздо крупнее, нежели в поле, причем эта разница больше, чем в дождевых каплях.

Удавалось иногда проследить непосредственно различные стадии процесса нарастания снега. Так, Т и с с а н д ь е во время воздушного поднятия 8 ноября 1868 г. наблюдал внизу, у земной поверхности, большие хлопья падающего снега; по мере поднятия шара хлопья уменьшались, а на высоте 2100 м аэронавты достигли места зарождения снега, воздух был прозрачен, и виднелись лишь мелкие, мерцающие, ледяные кристаллы (А. К л о с с о в с к и й, «Основы метеорологии», Одесса, 1908, ч. 1, стр. 553).

Поэтому в хвойных массивах, благодаря громадной пульверизации ими воздуха, должно быть общим явлением, что количество снежных осадков за зиму на вырубках, в питомниках, сенокосных полянах или в редицах выпадает гораздо больше, чем на поле или других открытых пространствах.

При этом, вероятно, одна и та же самая вода в данной местности выпадает в течение зимы многократно над лесом: она испаряется с древесного полога обратно с тем, чтобы спустя некоторое время частью снова выпасть в виде снега.

Затем, так как при образовании дождей, состоящих из мелких каплею, осадки эти, испаряясь целиком в теплом надполеюм воздухе, не достигают земли, то общим явлением должно быть также то, что число дней с осадками над лесным массивом в течение года больше, нежели над безлесным пространством. Произведенные наблюдения (М. П. Кудрицкий, Р. П. Спарро и др.) подтверждают это положение.

Дальнейшим следствием той же причины может быть то, что в летнее время дожди над лесным массивом отличаются большей продолжительностью, чем над безлесным пространством. Для проверки этой мысли требуются сравнительные наблюдения в лесу и вне его с помощью самопишущих плювиографов.

2) При наличности над открытым пространством восходящего тока воздуха, поднимающегося с некоторой скоростью, в этом токе будут поддерживаться на одном и том же уровне над землей те дождевые капли, скорость падения которых равна скорости восходящего тока; капли же более мелкие, скорость падения которых меньше скорости восходящего тока, будут этим током увлекаться вверх. Падать же вниз на землю будут лишь капли, имеющие соответственно крупные размеры. Это отсеивающее влияние восходящего

тока в особенно сильной степени должно сказываться на образующихся в атмосфере снежинках.

3) Облака состоят из капелек воды, которые, вследствие чрезвычайно малой своей величины, висят в атмосфере, поддерживаясь сопротивлением воздуха. При увеличении поперечника капли в  $n$  раз вес ее увеличивается в  $n^3$  раз, тогда как при этом сопротивление воздуха возрастает лишь в  $n^2$  раз; следовательно, чтобы мельчайшие капли, образующие облака, приобрели некоторую скорость падения, они должны достигнуть определенного поперечника, или соответственно должно уменьшиться сопротивление окружающего воздуха.

Благодаря тому, что в колонне надлесного воздуха представляются благоприятные условия для конденсации и имеется в тихую погоду барическая депрессия, то естественным следствием должно быть то, что конденсация водяных паров спускается ниже и облака над лесным массивом держатся ниже, нежели над полем, и эта разница должна быть особенно значительна при наличии нисходящего тока над лесом и восходящего над полем.

Вместе с тем в барическую впадину, имеющуюся над лесным массивом, стекаются облака со стороны и могут, таким образом, скопляться здесь толщами более значительными, чем над безлесным пространством. Количество же выпадающих осадков пропорционально мощности облаков; так, Клейдон (Claydon) нашел, что если мощность облака меньше 600 м, то такое облако редко дает дождь; если толщина облака равняется 600—1200 м, то величина капель дождя средняя; при мощности же облака свыше 1200 м величина капель дождя еще больше.

Затем в упомянутой впадине собравшиеся облака могут задерживаться, в то время как за пределами колонны надлесного воздуха они уносятся воздушными течениями. Эта мысль прекрасно подтверждается, в частности наблюдениями с воздушного шара, сделанными, между прочим, Фламмарионом, который с изумлением наблюдал, как загадочное явление, висящее над лесом неподвижно облако в то время, когда скорость ветра составляла 8 м в секунду. Так, в одном из своих сообщений Парижской академии наук Фламмарион выражал сильное удивление, что при пролете воздушного шара над лесной дачей Villers Cotterets, в течение более 20 минут, над лесом неподвижно висело облачко, которое было приблизительно 200 м длинной и 150 м шириной; при приближении шара замечено было еще 5—6 облачков, висевших разбросанно, но также неподвижно. Воздух же двигался с быстротой 8 м в секунду. «Что за невидимый якорь удерживает эти облачка?» — с изумлением писал Фламмарион в заключение отчета.

Многими путешественниками в горных странах установлена тесная связь между местоположением облаков и туч на небе и лесов на земле. Так, на Тяньшане долины и предгорья безлесны, если не считать рощиц абрикосовых деревьев, а леса еловые начинаются лишь с высоты 1500 м (5000 ф.) и тянутся приблизительно до высоты 3000 м (10 000 ф.), и в этих ельниках по зимам скопляется глубокий снежный покров, благодаря отчасти буранам. Этот пояс ели (*Picea Schrenkiana* Fisch et Mey) есть вместе с тем пояс снеговых туч.

По замечанию путешественника Северцова, часто, смотря со степи в ясный зимний день, прекрасно видны очертания гор выше и ниже, а над поясом ели висят низкие тучи.

Так как снеговые тучи здесь вообще отстоят не выше 3000 м, то во многих внутренних частях гор (безлесных) снега нет или очень мало на высотах от 1500 до 3000 м, например на р. Карагоджур, к югу от озера Иссык-Куль. *Киргизы охотно зимуют в подобных местах, где и зимой есть подножный корм.*

В южных частях Тяньшанской горной системы снежные тучи идут выше, чем на севере Тяньшаня, то есть выше 3000 м. Поэтому пояс снегов здесь начи-

нается выше и кончается выше, и снега более обильные, чем на севере Тянь-шаня. Масса снега здесь должна быть чрезвычайно велика, чтобы питать такую многоводную реку, как Аму-Дарья; по наблюдениям за два года в Нукусе, расположенном близ устья этой реки, оказалось, что в Аму-Дарье за год протекает около 51 км<sup>3</sup> воды, то есть около 0,17 воды Волги у моста, под Сызранью, причем 18,5 км<sup>3</sup> (т. е. значительно более 0,33 всего дебита) протекает в июле и августе<sup>1</sup>.

Некоторыми наблюдателями констатируется, сверх того, что иногда облака по своей форме соответствуют очертаниям того лесного массива, над которым они висят. Такое явление многократно наблюдал, между прочим, видный лесной деятель А. П. Молчанов, проживший 16 лет под г. Крапивной (рядом с засекой), в бытность свою крапивенским лесничим б. Тульской губернии. Тульские дубовые засеки, как известно, тянутся по направлению к б. Калужской губернии узкой, длинной, волнисто-изогнутой лентой. Такой же характерной фигурой бывают и облака над засеками среди голубого неба.

Разумеется, воздушные течения не позволяют нам часто любоваться на небесной синеве картиной облачного отражения лесной растительности, представленной на геодезических планах. Карта распределения облаков на небесном своде может согласоваться с картой распределения лесов на земле сравнительно лишь короткое время и при исключительных условиях погоды. Но мы постоянно можем наблюдать, так сказать, обратную сторону той же картины: в Туркестане, Египте и других жарких безлесных областях целыми месяцами на чистом голубом небе нет ни облачка за полным отсутствием на земле даже клочка леса<sup>2</sup>.

В метеорологии пока не оказано серьезного внимания чрезвычайно важному значению лесорастительного покрова суши на образование и форму облачного покрова на небесном своде.

Наблюдениями установлено лишь большое влияние орOGRAPHии местности на следующую структурную черту облаков. Ф. Ерк (F. Erk) в 1896 г. при полетах на воздушном шаре осенью (31 октября и 14 ноября), поднявшись над низкими (от 600 до 700 м над землей) и широко расстилавшимися облаками, наблюдал на верхней поверхности этих облаков, в виде долин, все контуры и изгибы реки, находившейся под облаками; так как облака были на высоте от 600—700 м над землей, то, следовательно, на эту высоту простиралось влияние речного потока на облачную пелену; в летнее же время<sup>3</sup> таких долин на поверхности облаков не наблюдалось.

Затем, К. Бассус (K. v. Bassus) при полетах на воздушном шаре в октябре 1904 г. многократно наблюдал точно такое же явление на верхней поверхности низких кучевых облаков, бывших на 600—700 м над землей, и им сделано несколько фотографических снимков, на которых ясно видны, в форме долинных углублений, все изгибы речки с ее притоками, покрытой облачным покровом<sup>4</sup>. Один из этих фотоснимков помещен на стр. 70 книги доктора R. Börnstein. Leitfaden der Wetterkunde, 2-te Auflage, Braunschweig, 1906, S. 70.

Если же речной поток изображается на облаках, то тем более лесорастительный покров земли должен иметь изображение на облачной пелене небесного свода.

<sup>1</sup> Северцов. Путешествие по Туркестанскому краю, а также поездка в «Небесные Горы». Записки Географического общества, т. I.

<sup>2</sup> Так, в Нижнем Египте (Александрия, Порт-Саид, Измаил, Суэц и Аббасия) в течение 4 месяцев (июнь—сентябрь) совершенно нет осадков.—Вильд «Об осадках Российской Империи», СПб, 1888, и его статья в «Записках Академии наук», VIII сер., т. III, № 1.

<sup>3</sup> F. Erk. Flussläufe auf einer Wolkendecke abgebildet, Illust. Mitt. d. Oberrhein, Ver. f. Luftschiff, 1898, H. 2, 3.

<sup>4</sup> K. v. Bassus. Jahrb. d. Deutsch. Luftsch. Verb. 1905, S. 149—156; «Prometheus», 1905, 16, № 808.

4) Если через колонну холодного, влажного надлесного воздуха проходит воздушное течение с настолько обильным содержанием водяных паров, что оно близко к насыщению, то в этой колонне имеются благоприятные метеорологические условия для конденсации водяных паров и образования облаков.

При таких условиях лесной массив может служить не только конденсатором водяных паров атмосферного воздуха, но и вызывать образование облаков, которые остаются над лесом или уносятся далеко от него воздушными течениями.

5) Может ли лес вызывать образование осадков из облаков? Этот вопрос остается пока невыясненным. Разрешение его затрудняется отчасти тем обстоятельством, что в настоящее время не имеется еще удовлетворительного объяснения процесса образования дождя и снега из микроскопических капель воды, составляющих облака.

6) Деревья являются ионизаторами: из листовых остроконечий деревьев истекают электромагнитные волны, и происходящая при этом ионизация воздуха может способствовать конденсации водяных паров, которые сгущаются и оседают на ионах.

Когда над колонной лесного воздуха проходит дождевое облако, то под влиянием его электрического заряда происходит в деревьях индукция: однородное с тучевым электричеством отталкивается в землю, а противоположное собирается на вершинах деревьев и, истекая в атмосферу, способствует разряжению тучи, полному или частичному. Что лес прежде всего и сильнее других предметов земных реагирует на индукцию дождевой тучи, вполне понятно, ввиду значительной его высоты (25—30 м), и подтверждается часто случающимися ударами молний в деревья.

7) Весной и в особенности осенью на поверхности лесного полога ночью воздух насыщен водяными парами; и в это время года, вследствие ночного лучеиспускания листьев в пологе леса, благодаря конденсации водяных паров насыщенного воздуха образуется роса, падающая на землю с деревьев в виде дождя.

Влияние леса на выделение росы очень важно потому, что способствует оживлению растительности во вторую половину вегетационного периода, когда дождевых осадков выпадает мало. Поэтому правильно приписывать росе большое значение.

При сильном ночном лучеиспускании ранней весной и поздней осенью очень часто на поверхности лесного полога бывает заморозок в то время, как на открытом месте на той же высоте над землей и ниже этой высоты, а равно и у поверхности почвы температура воздуха значительно выше 0°.

При этом на охлажденных тонких побегах и листьях, в особенности в хвойном лесу, благодаря конденсации водяных паров воздуха, образуется иней (или изморозь), падающий затем на землю.

Нередко осенью опавший иней образует настолько значительный слой снега, что в хвойном лесу устанавливается хороший санный путь в то время, как окружающая открытая местность лишена снега.

Это явление наблюдается даже в сухом климате степной области; так, по наблюдениям Г. Н. Высоцкого в Велико-Анадоле (б. Екатеринославской губернии), количество опадающего в лиственном лесу инея за каждый отдельный случай соответствует слою воды в 0,7—1,6 мм.

Зимой леса, особенно хвойные, при прохождении через них воздуха, почти насыщенного водяными парами, сгущают много влаги в виде инея, который, по мере накопления, падает с деревьев и увеличивает массу снега в лесу.

Лес, в частности хвойный, выделяет иней гораздо больше, чем иная растительность. Это зависит от высоты леса и от того, что иней осаждается на каждой игле.

Лес фильтрует атмосферный воздух; при прохождении сквозь хвойный лес воздух отдает листве весь излишек воды над той, которая соответствует водяным парам всего слоя от поверхности снега до вершины деревьев.

Особенно заметно большое влияние хвойного леса на образование инея зимой при тумане; при этом кристаллы инея оседают на каждой игле, и нередко бывает, что под тяжестью отложившегося инея ломаются ветви. Таким путем лес извлекает много воды из атмосферы. К сожалению, современные приемы учета росы и инея крайне неудовлетворительны.

Если движется воздух, наполненный туманом, т. е. мелкими непадающими каплями воды, то осадка на горизонтальной поверхности не бывает или его ничтожно мало оседает. Если же на пути такого воздуха имеется вертикальное препятствие, то происходит прилипание капель, которые, скатываясь вниз, являются осадками для почвы.

В природе лес и кустарники являются такими захватывающими влагу вертикальными препятствиями.

По данным Марлотта, количество воды, несомое движущимся туманом, весьма значительно: при содержании влаги в 5 г на 1 м<sup>3</sup> воздуха и при умеренной скорости ветра в 5 м/сек, то есть 18 км в час, через каждый квадратный метр вертикального сечения проносится в час (5 · 18 000 = 90 000 г) 90 кг воды, т. е. на поверхности в 1 м<sup>2</sup> приходится слой в 90 мм в 1 час. Конечно, не вся влага, несомая горизонтальным током воздуха, задерживается лесом, как препятствием; все-таки есть основание предполагать, что получаемые таким путем осадки могут быть очень значительными.

Так, Марлотт заметил в Южной Африке огромную разницу в состоянии древесной растительности в низких местах и на высоких (на Столовых горах). Правда, засуха вредит растительному покрову в пониженных местоположениях, на горах этот покров оказывается свежим и богатым, причем почва под растительностью всюду содержит много влаги. Марлотт объяснил эту разницу тем, что летом (декабрь—февраль) на Столовых горах часты туманы, и облака, несомые SE пассатом, и отдают вышеуказанным путем свою влагу покрытым растительностью более возвышенным местам.

Производя одновременные наблюдения по обыкновенным дождемерам и дождемерам с вертикальной поверхностью, летом 1903 г. Марлотт получил такой результат: за 56 дней осадков по обыкновенному дождемеру 126 мм, а по вертикальному 2027 мм, то есть почти в 17 раз больше. Наблюдения за январь 1904 и 1905 гг., произведенные на различных высотах над уровнем моря (а именно на 760 м и 1070 м над уровнем моря), дали следующие количества осадков в миллиметрах<sup>1</sup>.

	На высоте 760 м		На высоте 1070 м
	1904 г.	1905 г.	1904 г.
Обыкновенный дождемер . . . . .	46	37	37
Вертикальный » . . . . .	349	403	1230
т. е. по «вертикальному» больше обыкновенного на . . . . .	659%	989%	3224%

Стало ходячим мнение, что осадки приносятся на сушу с океанов и морей. В действительности этот взгляд не вполне верен. Обширный труд Брикнера и Фритше по собиранию данных для осадков всего земного шара привел к следующим сводным результатам:

<sup>1</sup> «Метеорологический вестник», 1907, № 3, стр. 103—104 (реферат).

	Поверхность (в тыс. км <sup>2</sup> )	Испарение	Приход влаги извне	Осадки
Океаны . . . . .	361	384 000	30 640	353 360
Периферические области . . . . .	117	70 810	30 640	101 450
Бессточные области . . . . .	32	10 490	—	10 490
Вся земля . . . . .	510	465 300	—	465 300

То же самое, выраженное в высоте слоя воды (см):

океаны . . . . .	106	8	98	} 120
периферические области . . . . .	61	26	87	
бессточные области . . . . .	33	0	33	

«Приход влаги извне» составляют для океанов воды, приносимые реками, а для суши—влага, приносимая ветрами с океанов. В вековом круговороте воды на земной планете стационарное равновесие поддерживается равенством между приходом и расходом; таким образом, реки изливают в моря столько же воды, сколько возвращается морями суши в виде осадков.

По вышеприведенным числам, коэффициент стока, то есть отношение между стоком и осадками, выраженное в процентах, для периферической зоны равняется в среднем  $\frac{26}{87} \times 100 = 30\%$ .

Приход на сушу влаги океанской равен 8 см; приняв во внимание, что поверхность океанов больше суши в 3,1 раза ( $\frac{361}{117}$ ), эта океанская влага составит на суше слой воды в 25 см ( $3,1 \times 8 = 24,8 = 25$ ); прибавляя к этому испарение с суши в количестве 61 см, получается слой воды на суше в количестве 86 см осадков. Следовательно, в среднем участие океанской влаги в осадках на суше составляет всего лишь около 30% общего количества осадков выпадающих на суше. А остальные 70% влаги приходятся на испарение с суши, то есть преимущественно на транспирацию зеленого покрова, одевающего материки.

Можно добавить, что к бессточным областям относятся не только сухие пустыни, но также и речные бассейны, изливающиеся в замкнутые водоемы так, вся восточная территория Европейской части СССР, обнимающая Камско-Волжскую речную систему с р. Окой и Каспием, причисляется к бессточной зоне, ибо она составляет водосборную площадь бессточного Каспия.

Проверкой такого положения, что участие океанской влаги в осадках суши составляет всего лишь около 30% всего количества осадков, выпадающих на суше, могло бы послужить наблюдение над зарядами выпадающих осадков: вода морей и океанов (и рек) обнаруживает положительное электричество, тогда как минеральные воды, истекающие из недр земли, в сопоставлении с землей обнаруживают отрицательное электричество<sup>1</sup>.

Против возможности влияния леса на количество выпадающих атмосферных осадков высказываются следующие общие соображения:

1) Условия погоды на большой территории определяются вихревыми воздушными течениями—антициклонами и циклонами.

Антициклоны, или барометрические максимумы, охватывают большие пространства и перемещаются весьма медленно, оставаясь нередко на одном месте долгое время; при движении они как бы расползаются, охватывая все большие и большие пространства.

<sup>1</sup> Физическая геология, т. II. Денудационные процессы И. В. Мушкетова СПб, 1906, стр. 285.

Зимой континент, а летом океаны заняты постоянными областями высокого давления, то есть антициклонами. Смена этих областей производит то, что можно бы назвать годовым приливом и отливом атмосферного моря.

В зимнее время антициклоны образуются над Сибирью и постепенно охватывают СССР (сибирский антициклон). Иногда на материк Европы надвигается антициклон с северо-запада из Ледовитого океана (полярный антициклон), а на Европейскую часть СССР наползает антициклон из Карского моря (карский антициклон).

Зимой эти три антициклона приносят продолжительные и сильные морозы и лишены осадков.

В летнее время Европа нередко вступает в область антициклона, идущего с Атлантического океана, с Азорских островов (Азорский антициклон). Летние антициклоны несут с собой ясную, безоблачную погоду и сильную жару.

Весной и осенью температура области антициклона зависит от того, откуда он надвигается: антициклон, идущий с севера, приносит более низкую температуру, а приходящий с юга сопровождается более высокой температурой.

Что касается циклонов, или барометрического минимума, представляющих собой как бы воздушные вихри, вращающиеся в направлении, противоположном движению часовой стрелки, то в Европе они движутся вообще с запада на восток, вступая на материк Европы с Атлантического океана. Место их зарождения неизвестно, и даже не существует прочно обоснованной теории их образования. Некоторые циклоны, по-видимому, возникают над теплым Гольфштримом; другие впервые обнаруживаются над Средиземным морем; третьи, видимо, зарождаются над сушей, иные же приходят в Европу из Северной Америки, пересекая океан.

Средняя скорость поступательного движения циклона определяется в 40 км/час; другими словами, циклон для прохождения пути от западного берега Европы до Урала требует времени в среднем около трех суток. Но бывают циклоны со скоростью всего лишь в 8—9 км/час и даже остаются на одном месте сутки и более; а с другой стороны, скорость иных циклонов достигает 83 км/час.

Циклоны приносят с собой осадки: зимой—снег, а весной, летом и осенью—дожди.

Циклон может быть более или менее водоносным, т. е. нести с собой больший или меньший запас влаги.

Циклоны и антициклоны, как вихревые воздушные течения с поступательным движением, установленные французским астрономом Л е в а р ь е, который 19 февраля 1855 г. для Парижской академии наук составил первую синоптическую карту Европы, служат основой современной синоптики. Синоптическая метеорология, на основании одновременного диагноза атмосферы на возможно большем протяжении земной поверхности, делает небезуспешные попытки предсказывать погоду за несколько дней для значительной территории.

С 1908 г. Вашингтонским метеорологическим бюро, располагающим одновременными метеорологическими данными, с одной стороны, на материке Азии и Тихого океана, а с другой—на материке Европы, делаются предсказания погоды в Соединенных Штатах на неделю, причем заметные отклонения в области сибирского антициклона указывают в общем на предстоящие в Соединенных Штатах изменения погоды приблизительно за две недели вперед; условия же давления над Европой и Атлантическим океаном указывают на направление и быстроту перемещения воздушных возмущений над континентом Северной Америки, каковая быстрота, считая от Тихоокеанского побережья Штатов (на западе) и до Атлантического побережья Штатов (на востоке), в зависимости от условий давления на Тихом океане, определяется в 6—7 дней.



К вышеприведенным соображениям можно добавить еще следующее. С выработкой строго научной теории образования циклонов и антициклонов и с изучением режима более высоких слоев атмосферы, имеющих несомненно тесную связь и преемственность с жизнью низких слоев атмосферы, синоптика, т. е. предсказание погоды на более или менее продолжительный срок для обширных районов, будет поставлена на твердом и точном основании, в особенности если одновременная система наблюдений дополнится наблюдениями электрическими (отсчетом электрометра), так как, по верному замечанию проф. А. К л о с с о в с к о г о<sup>1</sup>, «чуткая ко всяким изменениям погоды электрическая жизнь земной планеты реагирует заранее на грядущие атмосферные пертурбации и может явиться ценным их предвестником».

Все это верно, и перспективы прекрасные...

Но вряд ли и тогда можно будет предвидеть, насколько данный движущийся циклон обилен осадками, как велика и как распределена его механическая энергия, распределяющая на пути циклона атмосферную влагу на земле.

Затем, в будущем, на основании синоптической карты, маловероятны предсказания хотя бы на одни сутки погоды, в частности относительно количества осадков для определенного данного пункта. По заявлению проф. А. К л о с с о в с к о г о, «абсолютно невозможны при современном состоянии науки предостережения местных ливней, градобитий, грозových ударов, разрушительных вихрей и других явлений, имеющих местный характер».

А это говорит, что в каждом данном месте есть своя местная погода, слагающаяся на фоне общего состояния атмосферы, в зависимости от местных условий, в частности топографических, орографических, распределения лесорастительного покрова и т. д.; словом, можно сказать, есть свой местный климат.

В эту категорию явлений входит отчасти и влияние леса на количество выпадающих осадков. Синоптическая метеорология всегда будет бессильна предвидеть размер осадков в данном месте хотя бы за день вперед.

В каждом месте есть своя микропогода. Зимой наползший из Сибири на Москву антициклон принес лютые морозы. Разведя костер на улице, люди согреваются около огня; но разведением костра никто не помышляет прогнать или побороть антициклон, а думает только согреться у огня на время.

Или несетя сильный, холодный ветер, от которого, казалось бы, нет спасения ни домашним животным, ни людям, а между тем ветрозащитная опушка около усадьбы уже достаточно предохраняет человеческое жилье и скот от свирепого ветра!

Все это—факты микропогоды!

Вопрос о влиянии леса на количество выпадающих осадков не стоит в противоречии с учением о циклонах и антициклонах и не имеет связи с общими условиями, определяющими то или иное состояние погоды и ее изменения, а ограничивается лишь количественной стороной задачи относительно размера осадков, выпадающих под влиянием лесорастительного покрова.

2) Второе возражение против рассматриваемого вопроса, которое с давних пор приходится читать в печати и слышать, следующее.

Осадки образуются в атмосфере на такой высоте над земной поверхностью, в сопоставлении с которой лес на земле представляется ничтожной зеленой цветкой, не могущей иметь решительно никакого влияния на образование или на количество выпадающих осадков.

Это возражение не выдерживает критики, как бессодержательный софизм. Хотя оно и прячется в высоту за пределами досягаемости, все-таки для его рассмотрения нетрудно до него добраться.

<sup>1</sup> А. В. К л о с с о в с к и й. Современное состояние вопроса о предсказании погоды. «Сельское хозяйство и лесоводство», 1912, сентябрь.

Во-первых, рассматривая вопрос с такой высокой точки зрения, можно предполагать, что если циклон принес в данной местности ливень, то от последнего нет спасения, между тем, на самом деле, можно и при ливне остаться на земле сухим, если стать под ветвистой старой елью и раскрыть над головой зонтик.

Во-вторых, самое главное — высота слоя атмосферы, на которую простирается влияние леса, никем еще не подвергалась специальному исследованию. Лишь попутно, между другим делом, в недавнее время было замечено, что влияние леса испытывается воздушным шаром и аэропланом на высоте до 1500 м (около 1,5 км над землей).

Не будет ничего удивительного, если специальные исследования вопроса покажут, что влияние лесного массива на состояние атмосферы, в частности электрическое, простирается на высоту в два или 2,5 раза большую, то есть до 3—4 км.

Но и установленная ныне, грубым путем, высота воздействия леса в 1500 м сама по себе представляется немалой для признания, среди других факторов, роли лесорастительного покрова в образовании осадков, если вспомнить, 1) что слоистые облака (*Stratus*) находятся над землей на высоте 400—700 м, кучевые (*Cumulus*) и дождевые (*Nimbus*) на высоте 220—1500 м и грозовые имеют основание на высоте 1400 м, и 2) что больше всего облаков бывает на высоте до 1,5 км.

Обозрев общие теоретические соображения, приводимые нами в пользу и против возможности влияния леса на количество выпадающих атмосферных осадков, перейдем теперь к рассмотрению фактических данных по этому предмету.

При этом необходимо предварительно заметить, что точное сравнение данных осадков на лесной поляне и вне леса представляет значительные затруднения, так как дождемер на лесной поляне, как находящийся в условиях штиля, улавливает больше капель воды и снежинок, по сравнению с другим дождемером на открытом месте, подверженном действию ветра, которым отклоняются в сторону от дождемера капли воды и снежинки; мало того, ветром даже выдувается снег из прибора. Защита Нифера является в этом отношении недостаточной; в целях полной защиты дождемера от воздействия ветра представляется необходимым окружение дождемерного прибора металлической сеткой, которая разбивала бы живую силу проносающегося воздушного течения настолько, чтобы дождемер на открытом месте также находился в условиях возможно полного штиля. Эта предосторожность, однако, никогда не применяется.

Во-вторых, необходимо, чтобы сравниваемые дождемеры были расположены на одинаковой высоте над уровнем моря или чтобы в их показания вводилась соответственная поправка на высоту.

Для выяснения рассматриваемого вопроса весьма ценными являются те случаи, в которых значительное открытое пространство покрывается лесом и одновременно с тем ведутся дождемерные наблюдения. В этих целях Б л а н ф о р д воспользовался расположенной в центральной части Британской Индии местностью, площадью в 61000 кв. английских миль, которая была прежде обезлесена, а затем в 1875 г. покрылась лесом, и нашел, что с вырубкой леса стало выпадать дождя, в среднем за год, на 14% меньше и что с появлением леса последовало постепенное увеличение годовых осадков с 115 см в 1869 г. до 128 см в 1883 г., или на 29,4% больше, в то время как соответственные данные для всей Индии в вышеуказанные годы составляли 104 и 111 см<sup>1</sup>. Однако средняя годовая величина осадков в стране с такими огромными контрастами, как Британская Индия, представляется слишком схематической, чтобы служить мерилем изменения годовых осадков.

<sup>1</sup> Henry F. Blanford. Wald und Regen. Journal Asiatic Soc. of Bengal, 1887, № 1. Pefferat Met. Zeit. 1888, 5, стр. 235—237.

Для Богемии, пространством в 258,7 км<sup>2</sup> при сети свыше 700 дождемеров, из которых до 290 станций функционируют с 1876 г., многолетние наблюдения над атмосферными осадками были обработаны в 1888 г. профессором Пражского университета и основателем этой сети Ф. И. Студничкой в целях выяснения влияния леса на количество выпадающих осадков (Prof. F. I. Studnička. Grundzüge einer Hydrographie des Königreiches Böhmen. Prag, 1888).

В отношении количества осадков Студничка разделил Богемию на семь зон. С минимальным количеством осадков (ниже 500 мм) оказались только три небольших островка. С осадками в 500—600 мм заняты почти одинаковой величины округа в средней части Богемии, причем граница между этими округами проходит немного восточнее течения р. Молдавы, отходя подальше только в северной части, и пересекает р. Эльбу против устья правобережного ее притока р. Изера и идет вдоль этого притока на север до р. Ингбунгау. Остальные зоны, более богатые осадками, окаймляют вышеназванные округа, входя один в другой языками; несколько островков с осадками свыше 1000 мм расположено в юго-западном углу Богемии (в Бемервальде) при истоках рр. Молдавы и Вотава, а также на северо-востоке в Ризенгебирге.

Среднее для всей Богемии количество осадков определилось в 681 мм.

Разработка данных о связи количества выпадающих осадков с высотой над уровнем моря показала, что эта зависимость не идет последовательно, так как с увеличением альтитуды над уровнем моря количество выпадающих осадков замедляется. При этом, как средняя величина, найдено, что с поднятием высоты на 100 м над уровнем моря количество осадков увеличивается на 69 мм.

Затем, на основании найденной нормы, определено, насколько среднее количество выпадающих осадков каждой станции, сообразно с ее высотой над уровнем моря, должно быть увеличено или уменьшено, чтобы свести данные об осадках для всех станций к одной высоте над уровнем моря. Если вычисленная таким путем величина осадков значительно отклоняется от данных наблюдения, то причина этого отклонения должна быть приписана окружающим условиям местности. Так, например, самый бедный осадками островок при Камайке находится на теневой, омброметрической стороне выступающих Трентшинерских гор.

Другие станции по своей альтитуде имеют осадков значительно больше, чем должно было бы быть по их высоте над уровнем моря. Из них избраны 48 станций, расположенных близ или внутри больших лесных массивов, и притом с более многолетними наблюдениями, и данные по этим станциям сведены в особую таблицу, в которой для каждого пункта показан излишек осадков против должного, сообразно его альтитуде. В результате оказались значительные излишки выпадения осадков на севере и северо-востоке страны, по правобережью р. Эльбы по направлению к хребту Ризенгебирге; так, например, для Тетчена и Камница—32 и 33%, для Циннвальда—24%, для Колина, Ицина, Гурнау и Браунау—30 и 19%, а равно для Ейзенштейна (в Бемервальде)—30%.

Таким путем проф. Студничка для обширной области наблюдений установил ценные доказательства, что хорошо облесенная местность отличается повышенным количеством атмосферных осадков.

Это благоприятное влияние леса подтверждается, с другой стороны, скудными осадками в безлесных местностях, как Брандейс на Эльбе и Алт-Прерау в той же Богемии.

Вместе с тем исследователь устанавливает факт влияния леса на повторяемость дождей или количество дождевых дней в году, хотя он признает также большую трудность точного обоснования этого положения, так как на одной станции слабый осадок в дождемере от тумана принимается как дождь, в то время как на другой станции это не считается дождем, а отмечается днем сухим.

Систематическое изучение рассматриваемого вопроса (в связи с вопросом о влиянии леса на температуру и влажность воздуха) начато с 1867 г., когда во Франции и Германии были открыты так называемые параллельные, или двойные, станции, из которых одна станция внутри лесного массива (на поляне), а другая—на открытом месте. Э б е р м а й е р организовал в Баварии семь двойных станций, во Франции проф. М а т ь е была устроена одна станция. В Швейцарии было открыто три станции. Далее занялись наблюдениями Австрия, Италия, Пруссия, Вюртемберг, Швеция и др.

Затем двойные станции были открыты в Индии (З); в конце 90-х годов тоже в Капской колонии (Ю. Африка); в 900-х годах организовано две станции в Соединенных Штатах Северной Америки.

Долгое время этот вопрос не поддавался точному определению как потому, что осадки принадлежат к числу самых изменчивых метеорологических элементов во времени и пространстве (по сравнению с давлением, температурой и влажностью воздуха), так и потому, что на осадки большое влияние оказывают чисто местные условия. Поэтому нужно было иметь продолжительные наблюдения в таких условиях, при которых результаты могли быть строго сравниваемы между собой.

Лучшие до сих пор наблюдения в окрестностях Нанси, во Франции, руководимые профессорами Нансийской лесной школы. При этом лесная станция в 8 км к западу от Нанси посреди обширных лесов (la Haue), растущих на плоскогорье формации нижнего оолита; дождемер установлен на поляне в несколько гектаров, на высоте 380 м над уровнем моря. Полевая станция в 10 км к северо-востоку от Нанси близ вершины холма формации нижнего оолита; окружающая местность хотя и не совсем безлесная, но главным образом занята полями. Высота тоже 380 м над уровнем моря. Промежуточная станция в 6 км к северо-западу от Нанси в долине, имеющей направление юго-восток-северо-запад, на краю лесов la Haue. Дождемер установлен вне леса, на пространстве, занимаемом питомниками; высота 240 м над уровнем моря. По семилетним наблюдениям (1867—1868 и 1872—1876) М а т ь е нашел, что в лесу выпадает за год 767 мм, на опушке леса—693 мм и в поле—649 мм, в лесу больше на 118 мм, или на 18%.

По месяцам эти осадки распределялись так (мм):

	Лесная	Опушечная	Полевая
февраль—апрель . . . . .	159	162	149
май—июль . . . . .	189	171	166
август—октябрь . . . . .	207	172	157
ноябрь—январь . . . . .	212	188	177
За год . . . . .	767	693	649

По сезонам избыток осадков в лесу, от открытого места, составлял:

февраль—апрель . . . . .	7%
май—июль . . . . .	13%
август—октябрь . . . . .	31%
ноябрь—январь . . . . .	20%
За год . . . . .	18%

Французский лесовод Ф о т р а в 70-х годах немало посвятил времени сравнительным наблюдениям над влажностью и осадками в лесу и в открытом поле, результаты чего им многократно сообщались Парижской академии. Так, в 1874 г. им произведены наблюдения в Халатском лесу (Hallate), в департаменте Уаз (Oise), и оказалось, что количество дождя над листовым лесом более, чем над полем. Затем им поставлены были два дождемера в Эрменонвильском лесу, один на высоте 12 м над сосновым насаждением, а другой на такой же высоте над землей—на песчаной равнине, прилегавшей к этому лесу. За год количество выпавших осадков над лесом оказалось

840 мм, а над равниной—757 мм, следовательно, излишек в пользу сосны составил 83 мм, или 9%<sup>1</sup>.

Затем Фотра в сотрудничестве с С а р т и о (Sartiaux) вел в течение четырех лет наблюдения в Халатском лесу (Hallate), площадью 5000 га, с установкой дождемеров, одного—над пологом молодого дубняка с буком на высоте 7 м, а другого—над сосновым лесом на высоте 3 м, а на расстоянии 300 м от леса были установлены дождемеры в открытом поле, приблизительно на такой же высоте над землей. В продолжение четырех лет (1874—1877) наблюдений количество осадков над лесом постоянно оказывалось больше, чем над полем, причем максимальная разница для лиственного леса была 28 мм и для соснового 67 мм.

Эти разницы были бы более значительными, если бы приборы не были так высоко установлены над земной поверхностью.

Меньшей высоте установки дождемера над сосняком, по сравнению с дубняком, следует приписать, по-видимому, больший эффект хвойного леса по сравнению с лиственным<sup>2</sup>.

В Баварии, по Эбермайеру, над лесом выпадает за год больше осадков против открытого места на 12%.

В Пруссии ряд лесометеорологических станций показывает увеличение осадков в лесу против открытого места в следующих процентах от общего количества осадков на открытом месте:

При высоте над уровнем моря (м)	Излишек осадков над лесом (%)	При высоте над уровнем моря (м)	Излишек осадков над лесом (%)
0—100	1,25	600—700	19,0
100—170	14,2	700—900	43,0

то есть излишек осадков в лесу против открытого места возрастает по мере поднятия места над уровнем моря от 1,25 до 43,0%.

В Германии предпринята была попытка подойти к выяснению этого вопроса путем установки в 1900 г. серии дождемерных наблюдений в округе Опшеле, обнимавшем лесничества Проскау, Шелитц и Тиллоно с прилегающими открытыми местами. Дождемерные наблюдения, произведенные с сентября 1900 г. до июня 1904 г., были обработаны Ш у б е р т о м и привели его к тому заключению, что, действительно, благодаря лесу, увеличивается количество выпадающих осадков и что это влияние существенно обнаруживается потому, что лес оказывает препятствие ветру и вызывает поднятие воздуха вверх (J. S c h u b e r t. Wald und Niederschlag in Schlesien. Eberswalde, 1904).

С 1901 г. в Германии организованы систематические наблюдения в шести пунктах (с помощью 100 дождемеров и анемометров), причем в каждом пункте имеется: 1) лесная станция, 2) краевая (на краю леса) и 3) полевая станция, отстоящая от леса в 1000—1500 и до 2000 м.

По наблюдениям за первые два года (1901 и 1902) оказалось: а) что в лесу выпадает больше осадков против поля на 5,5% в год (во все времена года) и б) на открытых местах наблюдается убыль осадков по мере удаления от леса; так, за 2 года осадков выпало (мм):

I. Лесная станция	II. Краевая станция	III. Полевая	
		ближняя	дальняя
587	570	552	551, т. е. меньше на 36 мм, или на 5,5% (1 мм на 1 га—10 м <sup>3</sup> воды)

<sup>1</sup> Revue Scientifique, 1876, № 11, p. 260.

<sup>2</sup> Observations météorologiques faites de 1874—1878 par M. Fautrat. Paris, 1878.

Европейская часть СССР благодаря равнинности рельефа и наличности лесной и степной формаций, а равно и полупустынной представляла бы весьма благоприятные условия для выяснения вопроса о влиянии лесов на количество выпадающих атмосферных осадков, если бы у нас имелась в распоряжении соответственно густая дождемерная сеть по территории страны.

Вследствие того, что водяные пары приносятся в СССР с запада, количество годовых осадков у нас в лесной области уменьшается от запада на восток.

Эта особенность заметна в зимних осадках, так как зимой разность температур между океанами и материком всего значительнее и нет транспирации лесов. Большая часть водяных паров, приносимых с Атлантики, конденсируясь, выпадает осадками уже на западной окраине СССР, а на долю восточной части СССР и Сибири их достается очень мало.

Летом же уменьшение осадков, при движении с запада внутрь материка, гораздо меньше заметно, за исключением Прикарпатской местности, где летом выпадает более дождевой воды, чем где-либо в Европейской части СССР, и наблюдается довольно равномерное распределение летних осадков от Вислы до Енисея.

Причина этой равномерности, по взгляду В о е й к о в а, заключается в том: 1) что в летнее время по пути движения дождевых ветров (юго-западного и западного) температура воздуха приблизительно одинакова; 2) испарением и транспирацией лесов возвращается в атмосферу выпавшая в виде дождя влага; эта возвращенная в атмосферу в виде водяных паров влага на пути движения воздушных течений снова выпадает дождем несколько восточнее от первого пункта; здесь вторично он возвращается в атмосферу с тем, чтобы опять выпасть дождем еще восточнее.

Итак, благодаря транспирации наличных лесов, последовательной перегонкой и конденсацией одна и та же влага, начиная от западной границы СССР и вплоть до Енисея, на своем пути делает несколько оборотов, выпадая несколько раз дождями.

Такой воздушный ход влаги, распределяемый лесами в направлении от запада к востоку, подтверждается также тем фактом, что в лесной области летом количество водяных паров в атмосферном воздухе очень мало уменьшается при движении с запада в глубь материка.

Эта равномерность распределения дождевых осадков в течение летнего времени, обуславливаемая испарением и транспирацией лесов, по заявлению метеоролога А. Воейкова, имеет особенную важность для страны ввиду того, что, за исключением немногих окраин, на всей территории СССР после зимы значительное количество выпадающих осадков начинается в апреле (на юге) и в мае (на севере), когда пробуждается транспирация лесной растительности и возникает вышеуказанный кругооборот влаги внутри материка, и что на всей этой территории максимальное количество осадков выпадает летом.

В южной части СССР (ограниченной с севера линией Кишинев—Киев—Чернигов—Рязань—Нижний—Казань—Тюмень—Тобольск—Красноярск, а с юга линией Астрахань—Гурьев—Иргиз—Зайсанский пост) максимум осадков наступает в июне; в западной части Европейской части СССР (ограниченной с северо-востока линией Ленинград—Вологда—Москва—Рязань) он передвигается на июль и на севере СССР—на август, а на крайнем севере СССР (а также и на Сахалине) максимум осадков приходится на сентябрь.

В противоположность этому переходу максимума с июня на осень наблюдается в Закавказье, Среднеазиатской пустынной области и в Туркестане перемещение максимума осадков с лета на весну, притом он наступает тем раньше, чем дальше двигаться к югу. Так, в районе, ограниченном с севера линией Ашхабад—Нукус—Туркестан—Маргелан—Самарканд, максимум осадков приходится на март; затем идет область, отделяющаяся с севера

линией форт Александровск—Казалинск—Копал—Алма-Ата, с максимум осадков в мае (сюда входит и Закавказье).

В прилагаемой таблице приведено количество как годовых осадков, так и дождей за пять теплых месяцев (май—сентябрь), когда их выпадает более всего, для различных пунктов, распределенных в широтном направлении на три группы: 1) примерно для широты Москвы (56°), 2) для широты Варшавы и Киева (52°) и 3) приблизительно для широты 48° (мм):

Северная широта (гр.)	Восточная долгота (гр.)	Название мест	Годовых осадков	Осадков за май—сентябрь
56,5	21	I {	Либава . . . . .	288
56	37,5		Москва . . . . .	300
56	49		Казань <sup>1</sup> . . . . .	261
57	60,5		Свердловск . . . . .	285
58,5	92		Енисейск . . . . .	257
52	21	II {	Варшава . . . . .	320
50,5	30,5		Киев . . . . .	285
51,5	39		Воронеж . . . . .	274
53	50		Самара . . . . .	207
52	55		Оренбург . . . . .	185
53,5	83,5	III {	Барнаул . . . . .	183
52,5	104,5		Иркутск . . . . .	263
47	29		Кишинев . . . . .	275
48,5	32,5	III {	Кировоград . . . . .	252
49,5	34,5		Полтава . . . . .	264
48,5	39,5		Луганск . . . . .	207
46,5	48		Астрахань . . . . .	74

В пространственном распределении годовых осадков в СССР необходимо отметить, что количество осадков увеличивается с севера на юг до 50—55° с. ш., а затем за пределами лесной области оно быстро уменьшается по направлению к югу и в особенности к юго-востоку (мм):

Архангельск . . . . .	397	Луганск . . . . .	379
Вологда . . . . .	458	Керчь . . . . .	349
Кострома . . . . .	492 (516)	М. Узень . . . . .	272
Москва . . . . .	538	Астрахань . . . . .	156
Курск и Воронеж . . . . .	506	Ф. Александровский . . . . .	126
Куйбышев . . . . .	389	У Аральского моря . . . . .	100

В Европейской части СССР в трех опытных лесничествах степной области, переименованных из докучаевских опытных участков, учрежденных под руководством проф. В. В. Докучаева, вследствие неурожая 1891 г. организованы были сравнительные наблюдения над осадками, выпадающими в степи и над лесом. Сделав сводку данных этих метеорологических наблюдений за 1892—1898 гг., метеоролог Н. П. Адамов пришел к такому заключению: «Теперь, после восьмилетних наблюдений, мы вправе категорически сказать, что над лесом выпадает больше дождя, чем над степью». (Научный отдел I. Метеорологические наблюдения в опытных лесничествах за 1896—1898 гг. Н. П. Адамов. СПб, 1900.)

Ранее того у нас занимался этим вопросом в б. Киевской губернии М. П. Курдюцкий<sup>2</sup>, который нашел годовое количество осадков на

<sup>1</sup> В Казани дождемер был установлен слишком высоко и открыто, поэтому из него выдувалось много снега, и записи годовых осадков слишком малы.

<sup>2</sup> Данные о влиянии леса Записи Киевского общества естествознания, т. XI. «Новые данные о влиянии леса на климат».

опушке леса (в Коростышеве) 545 мм, а на открытой местности (в Березовке)—в расстоянии 10 км—445 мм, т. е. излишек осадков в лесу составил 20%, причем число дней с осадками для лесного пункта оказалось 167, а для полевого только 125, или на 33% меньше.

Далее, необходимо отметить результаты исследования И. Н. Клингена<sup>1</sup>, которые производились им в течение 9 лет (1883—1891) над осадками в б. Белоколодезском имении Волчанского уезда б. Харьковской губернии и 3-летние—в б. Рамонском имении б. Воронежского уезда.

В Белоколодезе за все 9 лет, при наблюдениях с апреля по сентябрь, то есть лишь за 6 месяцев, усадьба благодаря наличности древесной растительности и воды, при установке двух дождемеров, получала против полей, где было 4 дождемера, в среднем более осадков за полугодие на 34,3 мм, или 15,6%, а именно: на усадьбе выпало 253,9 мм, а на полях—219,6 мм.

Излишек осадков, собранных усадебными дождемерами, сравнительно с полевыми, по отдельным месяцам вегетационного периода составлял в миллиметрах и в процентах:

За апрель . . . . .	3,1	} 6,8	12,4	Следовательно, абсолютная разница в осадках за весенние месяцы (апрель и май) была почти вдвое менее, чем за август и сентябрь
» май . . . . .	3,7		13,0	
» июнь . . . . .	4,5	} 15,2	11,5	
» июль . . . . .	7,5		14,7	
» август . . . . .	6,7		14,5	
» сентябрь . . . . .	8,5		28,9	
Итого . . . . .		34,3	15,6	

В б. Рамонском имении наблюдения производились всего три года (1889—1891), а на некоторых пунктах два или даже один год. Здесь количество осадков на усадьбах, по сравнению с полевыми, было больше на 17,9%, а за вычетом Карачунского пункта, больше на 22,4%. Рамонская усадьба имеет сады, и ее окружает лес в 100 га. С другой стороны, дождемер (Струков), поставленный на поляне большого соснового леса в 50 000 га, расположенного на сыпучем песке «на низменном берегу реки Воронеж (в 2 км от Рамони)», дал за три года значительно менее дождя, чем усадебный, лежащий гораздо выше его, «а в 1891 г. с половины лета он дал даже менее воды, чем поля».

Графский дождемер (тоже лесной), лежащий выше его, в 18 км от Рамони, показывал еще меньше, чем Струков. Этот странный результат объясняется тем обстоятельством, что исследователь при установке дождемеров в этом имении совершенно не принял во внимание основного требования—равенство альтитуды избираемых пунктов, без чего нельзя сопоставлять данные дождемерных наблюдений, а равно не принял в соображение также и общий топографический рельеф местности, отражающийся на восходящем или нисходящем движении воздушных течений в сравниваемых пунктах.

По 19-летним метеорологическим наблюдениям в лесной даче Тимирязевской академии, по сравнению с данными Обсерватории, оказалось, что в лесу (в питомниках, на вырубках и т. п.) выпадает годовых осадков в среднем на 17,4% больше, чем на Обсерватории, или абсолютно на 93 мм<sup>2</sup>.

По сезонам в лесу (в питомнике 8-го кв.), сравнительно с Обсерваторией, выпадает осадков больше:

<sup>1</sup> И. Н. Клинген. «Влияние культуры, растительности и вод на выпадение и распределение атмосферных осадков». «Метеорологический вестник», 1893, № 1 и 2.

<sup>2</sup> 1 мм осадков на 1 га=10 000 кг воды, следовательно, 93 мм=930 000 кг воды в год.



		Колебания этих осадков по отдельным годам	
Зимой на . . . . .	54,2%	1911 г.	1913 г.
		20,8	81,7
Весной » . . . . .	13,1%	1910 г.	1915 г.
		0,0	46,7
Летом » . . . . .	8,0%	1914 г.	1912 г.
		1,4	24,0
Осенью » . . . . .	14,8%	1911 г.	1909 г.
		0,4	27,7
Среднее за год . . . . .		1911 г.	1909 г.
		3,8	26,8

На лесной даче Академии и на Обсерватории разница доходит иногда до 120% и даже до 200%; за февраль 1923 г. в лесу 35,1 мм, а на Обсерватории лишь 10,8 мм, т. е. в лесу больше на 225% (см. рис. 56)<sup>1</sup>.

Не все, однако, согласны со взглядом, что над лесом выпадает больше осадков, чем на открытых местах. Так, акад. К. В. Веселовский в своем известном труде («О климате России», СПб) решительно высказывается против этого мнения, говоря, что хотя «много нужно доказательств, чтобы отвергнуть возможность влияния лесов на дождь, но, конечно, нужно еще более доказательств для того, чтобы признать это влияние» (стр. 316—319), и что «для того, чтобы облака, образовавшиеся над лесом, над ним же разразились дождем, нужно, чтобы во время образования подобного облака не было в нижних слоях воздуха такого тока, который бы относил облака в сторону, и, кроме того, чтобы в том же верхнем слое атмосферы, где водяные пары могли бы быть принуждены обратиться в капельное состояние, не было бы в то же время ни слишком теплого воздушного тока, ни слишком сухого», — состояния покоя, невозможного в атмосфере.

Профессор Костычев также был противником этого взгляда; в своем курсе «Почвоведение», читанном в С.-Петербургском лесном институте, ч. II, стр. 120—121, он говорит по поводу вышеприведенных исследований в Нанси, что «так как станция С (полевая), близ Нанси, находилась в открытой местности и, кроме того, еще близ вершины холма, то ветры здесь были несомненно сильнее, чем на станции А (лесной). При таких условиях, если бы даже в С дожди были более обильны, то в дождемер могло бы собраться воды меньше, чем в А, потому что на лесных полянах ветер несомненно тише, чем на открытых местах, а при ослабленном ветре (как доказано множеством наблюдений в последнее время) из того же дождя собирается в дождемеры более воды, чем при сильном ветре». Далее, проф. Костычев добавляет, что нет ни одного точного наблюдения, которым было бы доказано, что над лесом выпадает большее количество осадков, чем вне его (очевидно, Костычеву не были известны результаты наблюдений французского лесоведа Фотра в конце 70-х годов, в Халатском лесу и Эрменонвильском лесу).

Правда, Костычев, как почвовед, не столь компетентен в вопросах метеорологии, как проф. Воейков, признававший наблюдения в окрестностях Нанси «самыми лучшими до сих пор» и «инструменты и их установку тождественными» (см. его «Климаты земного шара». СПб, 1884, стр. 317).

Нельзя в противном лагере не отметить видного американского метеоролога М у р а, заведующего Вашингтонским метеорологическим бюро, который лет 20 тому назад также высказывался печатно против взгляда о влиянии леса на осадки.

Поднятый вопрос, конечно, представляется одним из трудных для решения при настоящих наших знаниях о жизни атмосферы; до последнего времени метеорологи занимались исключительно явлениями, совершающимися лишь в ничтожно тонком слое воздуха, прилегающего непосредственно

<sup>1</sup> За весну 1917 г. и весну и осень 1924 г. излишек осадков (заштрихованные на рис. 56 колонки) дала метеорологическая станция.—Ред.

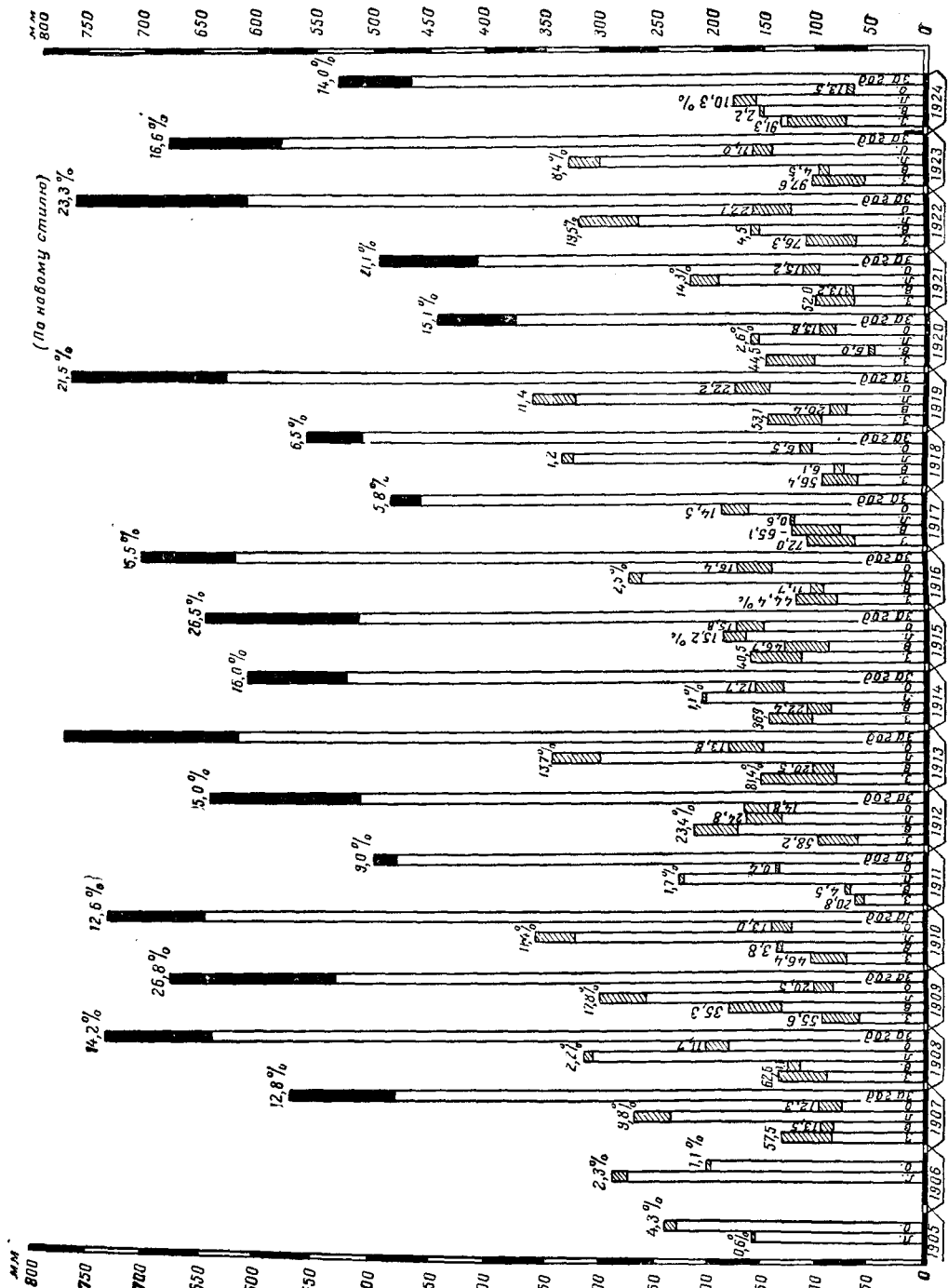


Рис. 56. Количество осадков в лесу и вне леса по наблюдениям за 20 лет (1905—1924 гг.) в лесной даче Гимирязевской с.-х. академии (зачерненные и заштрихованные колонки — излишек осадков в питомнике лесной дачи по сравнению с метеорологической станцией Академии).

к земной поверхности. Современная авиатика и воздушные шары ныне дают человеку возможность подняться над землей, в выси, туда, в небесную лабораторию, где «создается погода».

Будем помнить, что, как искра из кремня, истина получается из столкновения противоположностей.

### ВЛИЯНИЕ ПОСТОЯННОГО ИЗБЫТКА ПОЧВЕННОЙ ВОДЫ

Постоянный избыток почвенной влаги вредно отражается на жизнь древесных растений, в особенности если он сопровождается застаиванием воды.

Насыщение почвы стоячей водой вредно для жизни дерева потому, что в такой почве, вследствие заполнения пор водой, чрезвычайно затруднена аэрация, т. е. циркуляция воздуха; между тем для дыхания корневой системы — существованию важный элемент, столь же необходимый, как и для надземных органов. Затем низкая температура почвы затрудняет всасывание влаги корневыми мочками. Поэтому в почве, насыщенной стоячей водой корни за отсутствием кислорода задыхаются и загнивают; кроме того, может быть и избыток солей закиси железа<sup>1</sup>.

Лес может развиваться на постоянно мокрой почве лишь в том случае, если вода в почве имеет течение, пополняясь поступлением кислорода из воздуха; поэтому лес хорошо произрастает каймами или полосами, по берегам водоемов, где проточная вода приносит новые запасы воздуха.

При накоплении стоячей воды в понижениях является заболачивание почвы. На севере СССР и в Скандинавии большие пространства заняты заболоченными еловыми лесами, из которых многие ельники погибли. По исследованиям Гессельмана (Hesselmann, Mitt. forst. Versuchsanstalt, Schweden, 1910) в Швеции, в заболоченных ельниках почвенные пробы, взятые им на глубине 20 см, оказались почти совершенно лишенными кислорода, и, по верному заключению исследователя, причиной гибели ельников является недостаток кислорода в почве для дыхания корней.

Сверх того, избыток влаги может вредить растению тем, что разжижает соки растения, мешает отложению сахаристых и других пластических веществ и сильно возбуждает транспирацию листьев в ущерб цветам и плодам и т. д.

На стоячих болотах, т. е. при постоянном избытке непроточной воды в почве, могут произрастать из нашей лесной флоры только немногие древесные породы (сосна, береза, лиственница), но и они принимают карликовую форму. Помимо недостатка кислорода в почве, образование карликов обуславливается также низкой температурой почвы, составляющей на болотах обычное явление. В холодной же почве корни всасывают влагу настолько слабо, что способны подавать испаряющей кроне лишь весьма ограниченное количество воды.

На других породах вредное влияние застоя воды обнаруживается: 1) загниванием вертикальных корней, суховершинностью и образованием двойчаток на стволе и 2) горизонтальным развитием боковых корней близ самой поверхности почвы, сопровождающимся часто вывалкой деревьев от ветра и снега.

Гибель деревьев и насаждений от задушения корней наблюдается также и при продолжительных наводнениях рек (разливы весенние или от ливневых дождей).

<sup>1</sup> От задушения корней засыхают также деревья и в случае насыпки на занятую ими почву толстого слоя земли (при проложении дорог, добыче угля и т. д.); корневая система деревьев при этом оказывается залегающей гораздо глубже, чем при нормальных условиях, и дыхание корней затруднено. Тонкокорые деревья в таких случаях спасаются от задушения только благодаря тому, что в насыпной земле они из адвентивных почек образуют новые корни. Появлению и развитию последних можно способствовать искусственным поранением засыпной части стволов.

Так, П. З. Виноградов-Никитин сообщает следующий чрезвычайно интересный факт: надпойменная терраса р. Десны в б. Черниговской губернии (бассейн Днепра), покрытая вековым сосновым лесом, очутилась под летним, исключительно большим половодьем р. Десны 1908 г. и в течение всего лета оставалась под водой; в результате—на боровом, прежде совершенно сухом месте засох от воды весь лес («Лесной журнал», 1910, стр. 643, библиографическая заметка).

К затоплению почвы весьма чувствителен растущий на песках Средней Азии саксаул (*Haloxylon ammodendron* Vge); для окончательной его гибели достаточно, чтобы хотя в течение суток почва под саксаулом оказалась покрытой слоем воды до двух сантиметров. Поэтому множество саксаульников погибло от наводнения Сыр-Дарьи в 1908 г.

При продолжительном затоплении леса, например вследствие подпора стоячей воды плотиной, железнодорожной насыпью и т. п., деревья желтеют, делаются суховершинными, страдают от загнивания корней, подвергаются вывалке или постепенно погибают. Не переносит таких условий даже черная ольха, которая хорошо произрастает, образуя чистые насаждения с ивовым подлеском (ольшатники), на топких болотах, или трясинах, но лишь при условии проточной воды, то есть с постоянным притоком воздуха к корням. На затопленной же почве со стоячей водой черная ольха быстро гибнет, главным образом от задушения корней из-за отсутствия кислорода, а частью вследствие недостатка растворимых минеральных солей.

В северной и средней части СССР, при близком залегании грунтовых вод, временное поднятие уровня этих вод, благодаря обилию осадков или достижению этих вод корнями растущего леса, сопровождается резким падением прироста насаждения в высоту, затем суховершинностью, образованием двойчаток и другими признаками страдания деревьев от недостатка кислорода для дыхания корней. Это—скрытые болота.

В отношении постоянного избытка воды в почве весьма чувствительными являются бук, пихта, ель, ясень и др.

Успешно произрастать на почвах, насыщенных стоячей водой, могут лишь следующие древесные породы:

1) Болотный кипарис [*Taxodium distichum* (Linn.) Rich.]; очень светолюбивая порода, похожая с виду на лиственницу и тоже сбрасывающая ежегодно свою хвою. Он образует большие лесные массивы в Северной Америке на болотах вдоль побережья Мексиканского залива и частью Атлантического океана. Его хороший рост (до 42—45 м высотой) на болотах объясняется тем, что у него на корнях образуются из губчатой паренхимы толстые конические выросты, которые растут вертикально вверх, выступают над болотной почвой или над водой на высоту до 1 м и играют роль дыхательных органов для всасывания кислорода воздуха и снабжения этим газом погруженной в воду корневой системы. При произрастании же болотного кипариса на сухой почве названных выростов на корнях совершенно не образуется, очевидно, за ненадобностью в них.

2) Туя, или жизненное дерево (*Thuja occidentalis* Linn.), растет в восточной части Северной Америки, занимая большую область распространения в пределах Канады и спускаясь на юг вытянутым мысом до штата Южной Каролины; эта порода образует густые, почти чистые леса (высотой 15—17 м), преимущественно на болотах и на торфяниках, а также по низким берегам рек.

Приспособления к доставлению атмосферного воздуха для дыхания корней у туи не выяснены.

3) Белая ольха (*Alnus incana* L.) образует поверхностную, сильно разветвленную корневую систему с выступающими над почвой дыхательными корнями, служащими для всасывания кислорода воздуха; кроме того, у комля дерева имеются воздушные корни, построенные из особой губчатой ткани—аэренхимы, которые проникают в почву, сменяя собой первоначальные

корни, которые отмирают. Подобными приспособлениями снабжены и разные ивы.

Ветла (*Salix alba* L.) дольше других древесных пород выносит затопление разливами во время вегетационного периода, образуя при этом много придаточных корней из надземной затопляемой части ствола. Эти корни, после спада воды, остаются в воздухе и свешиваются в виде густых прядей или бород. Поэтому в нижневолжских и других плавневых лесах самые низины занимает ветла, а повыше—осокори, еще выше—вяз, а по гребням наносов господствует дуб.

4) Кавказская лапина (*Pterocassia caucasica* Knth.) из сем. ореховых (*Juglandaceae*), встречающаяся только на Кавказе. Любимые места ее—болота или надолго затопляемые низменности, и на таких местах она растет чрезвычайно быстро, достигая уже в 10 лет 12 м высоты, а в предельном возрасте (до 200 л.) 30 м высоты при 1,2—1,5 м в диаметре. Приспособления ее для дыхания корней не выяснены. Также неизвестны они у разных видов эвкалиптов, произрастающих на топких болотах.

5) У некоторых мангровых деревьев (*Avicennia*, *Laguncularia*, *Sonneratia*), растущих на болотах в тропических областях, от корней, погруженных в ил, отходят боковые ветви, которые поднимаются до поверхности воды, выступая над ней; они покрыты, как ватой, белой воздухоносной тканью, или губчатой аэренхимой; из этих воздушных хранилищ нужный кислород доставляется названным растениям для дыхания корней.

Осушка лесных болот и сырых мест, разумеется, является для громадного большинства наших древесных пород мелиоративной мерой, оказывающей чрезвычайно полезное влияние на произрастание леса, вызывая сильный рост его в высоту и толщину, и притом тем значительнее, чем моложе насаждение; в старом же возрасте деревья, искалеченные ненормальными условиями долгой своей жизни, уже слабо реагируют на перемену условий среды.

Полезное влияние осушки сказывается на всех наших древесных породах, за исключением черной ольхи (и, вероятно, также лапины), требующей по своей природе влажной почвы.

На лиственных породах полезный эффект этой мелиорации обнаруживается уже с следующего же вегетационного периода, а на хвойных он проявляется по смене большей части старых игл новой хвоей, т. е. на сосне через 2 года, на ели—через 3—4 года, а на пихте—спустя 5—6 лет.

## ВЛИЯНИЕ НЕДОСТАТКА ВЛАГИ НА ЖИЗНЬ ДЕРЕВА И НАСАЖДЕНИЯ

Вода является важнейшей составной частью растительного организма и без нее невозможны жизненные его отправления (ассимиляция, принятие солей, рост и пр.), поэтому недостаток воды имеет самые тяжелые последствия для жизни растения.

Выше было уже сказано, что в период вегетации всегда возможна такая комбинация физических условий среды, что в древесном растении при определенном темпе подачи воды по стволу происходит временное нарушение равновесия между подачей воды корнями и испарением ее листвой кровеносной системой. Длительность же нарушения прихода-расходного водного баланса может поставить растение на край гибели. Было также отмечено, что при определенных климатических или почвенных условиях вся жизнь древесного растения есть непрерывная борьба с расстройством прихода-расходного водного его баланса, грозящего нередко гибелью для него, хотя, во избежание этого исхода или возможной отсрочки его, древесным растением путем филогенезиса и выработан целый арсенал приспособлений, из которых важнейшие перечислены выше.

Временный недостаток влаги может быть вызван:

во-первых, аномальным распределением осадков по месяцам, в частности малым количеством осадков, выпавших за вегетационный период

во-вторых, столь значительным повышением транспирации, обусловленной высокой температурой, сухостью воздуха, сильной инсоляцией или частыми, сильными ветрами, что она превосходит наличные запасы влаги в дереве и подачу им воды, вызывая физиологическую сухость дерева;

в-третьих, после сильной продолжительной засухи происходит временное понижение грунтовых вод, наступающее через 1—2 года, смотря по величине района питания грунтовых вод. Поэтому в тех местоположениях, где лес сверх атмосферных осадков питается также и грунтовой водой, деревьями с понижением уровня этих вод испытывается более или менее сильная нехватка влаги.

Падение уровня грунтовых вод не временное, а постоянное, сопровождающееся массовой гибелью деревьев, обуславливается проведением дренажа, работами по регулированию рек, образованием оврагов и т. д.

Нередко бывает, что вредные последствия недостатка влаги проявляются на растениях не немедленно в период вегетации, а обнаруживаются лишь в следующем вегетационном периоде или даже еще позднее.

В Петровско-Разумовском за 1920 г. выпало осадков всего лишь 336 мм против многолетней средней нормы в 539 мм, или всего 62,4%.

Столь скудных осадков еще не бывало здесь за последнее полувековье!

В 1921 г. осадков выпало 409 мм, или около 76% против многолетней нормы.

Засуха 1920 г., в связи со скудностью осадков 1921 г., вызвала к осени 1921 г. чрезвычайно сильное падение уровня грунтовых вод и пересыхание наблюдаемого ключа.

Насаждения в Академической даче, питающиеся грунтовой водой, неизбежно страдали от недостатка этих вод в вегетационном периоде 1922 г., а частью также и летом 1923 г. (т. е. через 3 года после засухи).

Последствия недостатка влаги выражаются в весьма разнообразных формах голодания деревьев:

1) Самоизреживание насаждения, т. е. массовая гибель угнетенных деревьев, о чем было сказано выше.

2) Преждевременное засыхание листьев, особенно на кустарниках и деревьях с мелким укоренением. Это явление наблюдалось под Москвой в 1868, 1881, 1891, 1897, 1901, 1903, 1907 гг. Это явление отчасти сходно с осенним пожелтением листьев, которое происходит тоже вследствие прекращения осенью транспирации, но оно имеет следующие особенности:

а) преждевременное засыхание начинается резким пожелтением краев листовых пластинок (у клена, бука);

б) при основании листового черешка не образуется отделительной ткани, подготавливающей осенний листопад, и потому пожелтевшие от летней засухи листья могут висеть на деревьях всю зиму, как это было, например, в 1901 и 1903 гг. под Москвой; 06

в) перед осенним листопадом образовательные материалы протоплазмы, как известно, переходят из листьев в ветви, тогда как при летней засухе протоплазма остается в листьях, и с опадением их дерево теряет много азота и фосфорной кислоты (так, по анализам Меркера с листьями сирени, эта потеря вдвое больше, чем при осеннем листопаде).

Правда, и осенний листопад происходит неодновременно; так, на подросе под пологом леса он бывает на 2—3 недели позднее, чем на вырубках, благодаря, во-первых, повышенной почвенной влажности, и, во-вторых, ослабленной транспирации (так как нет ветра).

3) Малый прирост в высоту, если засуха случилась рано весной или, точнее сказать, если недостаток воды в деревьях оказался в период энергичного роста годовых побегов, что нормально бывает под Москвой в различные сроки — с половины июня до половины июля, смотря по высоте деревьев.

Ход роста в высоту сосны на пробках «Э» и «Ю» 4-го квартала Академической дачи:

По обмеру 46 экземпляров господствующих деревьев (I, II, III кл.) и 24 экземпляров угнетенных (IV кл.) по Крафту, средняя длина вершинного побега сосны оказалась такой (см):

Сосны года . . . . .	1870	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82
Господствующих . . . . .	20	15	15	26	40	49	51	66	38	65	64	61	57
Угнетенных . . . . .	—	—	—	—	—	43	44	54	57	61	65	62	54
Сосны года . . . . .	1883	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
Господствующих . . . . .	58	58	56	58	59	57	48	45	45	38	38	48	48
Угнетенных . . . . .	55	56	56	57	54	54	49	48	41	38	37	39	43
Сосны года . . . . .	1896	97	98	99	1900	01	02	03	04	05	06	—	—
Господствующих . . . . .	56	53	42	41	46	48	47	33	34	33	40	—	—
Угнетенных . . . . .	50	49	43	38	40	43	42	31	29	31	34	—	—

Кульминация роста в высоту господствующей сосны пришлась в 16-летнем возрасте (1879), причем средняя длина вершинного побега составила 65 см, а абсолютный максимум на отдельных соснах достигал 80 см, минимум же равнялся 47 см; на угнетенных соснах эта кульминация наступила одним годом позже, т. е. в 1880 г., и при этом средняя длина вершинного побега равнялась тоже 65 см. После сильной депрессии прироста, охватывавшей период с 1889 по 1893 г., наступила вторичная кульминация роста в 1896 г. при средней длине побега 56 см.

Влияние метеорологических факторов на рост сосны видно здесь весьма отчетливо. Недостаток тепла 1878 г. оставил след на приросте молодой культуры; не прошла бесследно и осенняя засуха 1885 г., когда испарение превышало осадки: за май (81 мм против 43 мм), за июнь (61 мм против 38 мм) и за июль (120 мм против 27 мм). В 1889 г. произошло значительное укорочение побега, вследствие чрезвычайной засухи в мае и июне, когда испарение превышало осадки: за май—88 мм против 17 мм и за июнь 71 мм против 54 мм. Четырехмесячная засуха (апрель—июль), бывшая подряд два следующих года (1890 и 1891), сопровождалась дальнейшим сокращением длины побега. 1892 год в жизни сосняка, по чрезвычайности засух и жары весенней и летней, был самым выдающимся годом за все предшествовавшее сорокалетие, испарение превысило осадки как за год (425 мм против 375 мм), так и в особенности за май (85 против 36), июнь (82 против 28), август (62 против 29) и сентябрь (45 против 26 мм); в результате побег сосны за этот год упал чрезвычайно сильно (до 38 см). Такой же короткий побег образовался и в следующем, 1893 году, отличавшемся засушливым маем. Затем необычайная сушь весной 1895 г., когда испарение за май было 81 мм против 3 мм осадков, удержала побег этого года на уровне 48 см предшествовавшего года. Лето 1897 г., отличавшееся исключительной жарой и засухой, наряду со скудностью осадков (всего 84 мм против нормы в 205 мм), вызвало сокращение длины побега против предшествовавшего года, а в связи с этим последовало в 1898 г. необычайное падение уровня грунтовых вод, которое в свою очередь причинило в этом году сильное укорочение побега в основном жердняке. Почти такой же длины побег в 1899 г. объясняется недостатком тепла весной этого года, когда было 5 ночных заморозков, из которых самым сильным ( $-3^{\circ}$ ) оказался последний, ночью на 12 июня, совершенно побивший огурцы, картофель и бобы, также молодые побеги ели, пихты, дуба и ясеня. Засуха майская и июньская 1905 г. оставила на сосне глубокий отпечаток падением прироста (до 33 см); почти такие же короткие побеги образовались и в следующие два года из-за холодной, пасмурной, дождливой погоды весной и в начале лета в 1904 и 1905 гг. Подобный же недостаток тепла и солнечного сияния весной 1908 и 1909 гг. был причиной заметного сокращения побега за эти два года. В общем же резко выраженные короткие

побеги на растущих ныне соснах образовались в 1892 и 1895 гг., затем в 1898 и 1899 гг. и, наконец, в 1903—1905 гг.<sup>1</sup>. М

Сосна выращена из семян германского происхождения; на ней наблюдается весьма часто смена вершинного побега боковым, сопровождающаяся искривлением ствола; наибольшее число случаев такой смены, по сделанным учтам, имело место в 1878 г., а затем в 1894, 1896 и 1899 гг.

4) На угнетенных деревьях неполное отложение годового слоя, причем в нижней части ствола слой местами образуется, а местами его нет.

5) При летней засухе годовой слой на стволе откладывается узкий, со слабо развитой летней зоной у хвойных и с мало развитыми сосудами (числом и поперечником они меньше) у лиственных. Такой слой образуется или по всей длине ствола, если недостаток влаги длился весьма продолжительное время, или же преимущественно в соответственной части его длины, на которую пришлась работа камбия при недостатке влаги.

В толще древесного ствола характерные для засушливых лет годовичные слои резко выделяются в текстуре древесины, служа, между прочим, надежной контрольной придержкой при определении возраста дерева.

Ввиду этого текстуру дерева можно рассматривать, как точную метеорологическую запись. Так, печальный 1891 г. неизгладимо записан в строении древесины наших лесов по всем пострадавшим тогда от засухи районам. Такой же след оставили и неурожай 1920 и 1921 гг.

Надо лишь заметить, что подобные же годовые слои откладываются в древесных стволах в случае объедания листы у них вредными насекомыми, например гусеницей лиственничного пилильщика (*Nematus Erichsonii* Hart.) на лиственнице; сосновой совкой (*Panolis piniperda* Ranz.) и сосновой пяденицей (*Pidonia piniaria* L.) на сосне и т. д.

При тщательном исследовании древесины крупномерных деревьев, исключив другие неблагоприятные влияния (как-то: повреждения насекомых и пр.), можно определить тяжелые для народной жизни сухие годы за 400—500 и более лет, за время, о котором у нас не имеется никаких метеорологических сведений, если не считать отрывочных исторических указаний (летописей) о народных бедствиях и пожарах—спутниках голодовок.

Следовательно, имеют весьма важную роль лесные гиганты как исторические живые документы по климатологии.

В климатологическом отношении чрезвычайно ценны также образцы дерева от старинных построек и гидротехнических сооружений (например, XIV, XV и XVI вв.) и образцы деревьев, находящиеся в торфяных болотах и на дне рек (как черный дуб), приближающиеся к ископаемым. Равным образом важны также и образцы дерева ископаемого. Этим образцам соответственное место не в геологических музеях, а в лесных кабинетах как для познания былой флоры, так и прошлого климата.

Иссушающие ветры и бури, задерживая рост деревьев и обуславливая отложение узких годовичных слоев, понижают прирост массы древесины; так, по наблюдениям в славяно-сербско-бахмутском лесничестве б. Екатеринославской губернии, в годы особенно частых и сильных суховеев в течение вегетационного периода, причиняющих неурожай хлебов, прирост лиственных насаждений падает на 15—20% по сравнению с маловетренными годами. Это—неурожай древесины!

6) Суховершинность. При недостатке воды в почве у лесных деревьев, дотоле развивавшихся успешно, происходит засыхание верхней части кроны, между тем как нижняя часть ее остается еще зеленой. Это отмирание кроны замечается преимущественно у высоких деревьев, что, по-видимому, объяс-

<sup>1</sup> Побег 1892 г. на сосновых стволах господствующих классов начинается на высоте от земли в среднем 10,2 м; начало побега 1898 г. приходится над поверхностью почвы на высоте в среднем 13,6 м, а средняя высота до начала побега 1903 г. составляет 15,9 м. Побег 1879 г. оканчивается на высоте в среднем 4,1 м от земли.



няется ослабленной подачей из корней воды, не достигающей до вершины дерева.

Во время засух суховершинность часто наблюдается у черной ольхи, произрастающей на болотах, затем у старых берез (это было под Москвой в 1921 г.), а также у ели, растущей на песках, т. е. на почвах, бедных влагой, а равно и на редицах; последнее наблюдалось, между прочим, под Москвой в 1897 г.

После засушливых лет суховершинность у пихты европейской—обычное явление, часто наблюдаемое в Германии (в 1893, 1904, 1911 гг.), причем перед засыханием вершины хвоя держится лишь на побегах 2—3-годовалых, тогда как нормальное охвоение простирается до 10—12-летних побегов; кроме того, замечается образование водяных побегов и частичное отделение коры на стволе.

В буковых лесах, ввиду большой потребности бука во влаге, при засухе суховершинность появляется даже в жердняке там, где практикуется сбор лесной подстилки.

Суховершинность обуславливается крайней сухостью почвы—грунта, влечет за собой полное засыхание деревьев, т. е. образование сухостоя, которое у глубокоукореняющихся деревьев при известных почвенно-грунтовых условиях (при не очень глубоком залегании грунтовых вод) может обнаруживаться не в самый год засухи, а лишь на следующий год, когда грунтовые воды сильно падают.

У хвойных пород суховершинность часто сопровождается появлением на деревьях растительных паразитов [*Rhizomara Piceae*—на ели, *Phoma abietina* (*Fusicoccum abietinum*)—на пихте, *Agaricus melleus*—на сосне и т. д.], а также нападением вредных насекомых. Эти сопутствующие явления нередко затемняют влияние засухи, как истинной причины болезни деревьев.

Кстати отметить, что на суховершинных елях и пихтах, по срубке их наблюдается в комлевой части ствола скопление влаги не только в оболочке, но и в центральной части стебля, причем жидкость имеет вонючий неприятный запах. Это странное явление мокроты нижней части ствола при засыхающей вершине объясняется тем, что здоровая корневая система с весны подала дереву воду, но последняя не поднялась до вершины вследствие ослабления всасывающей силы кроны, обусловленного нарушением в ней приходо-расходного водного баланса, которое прежде всего причинило отмирание хвои на макушке; в результате избыточная вода распределилась горизонтально до сердцевины в комлевой части дерева, застоялась, благоприятствуя заселению здесь опенка и других растительных паразитов.

Как уже выше сказано, повышенная транспирация деревьев, превосходящая как наличный запас влаги в дереве, так и подачу ее по стволу, обуславливает физиологическую сухость дерева. Болезненные явления от физиологической сухости, вызываемые воздействием человека, наблюдаются весьма часто, проявляясь преимущественно в двоякой форме:

1) Крайние деревья (еловые, березовые и др.) с южной стороны сплошных лесосеках, выставленные внезапно действию ветра и солнечных лучей, при неприспособленности к повышенной подаче воды из почвы становятся суховершинными и затем засыхают. Это весьма часто наблюдается в северной и средней полосе СССР на березе и особенно на ели, у которой кроме того, от ожога солнечными лучами происходит по длине чистого оживых сучьев ствола, на протяжении нескольких метров от земли, полосовое омертвление камбия на стволе при ширине полосы до 10 см.

2) Суховершинность и засыхание больших деревьев, оставленных на площади сплошной лесосеки в роли семенников или маяков; примером служат дуб, ясень, береза и другие породы.

Дубовые деревья всегда оставляются на сплошных лесосеках в качестве семенников. Суховершинность дубовых семенников—обычное болезненное

явление, проявляющееся в своеобразных чертах. Объясняется она тем, что с представлением дубам полного доступа света пробуждающиеся спящие почки на стволе дают весьма обильные водяные побеги, образующие снизу добавочную крону; благодаря этому, а также вследствие вызванной светом и ветром энергичной ассимилятивной и транспирационной деятельности кроны в последней является большая потребность в воде, между тем поступающая по стволу влага на пути перехватывается, направляется главным образом в нижние части кроны, в частности в водяные побеги; отложенные же в оболони последних годичных слоев сосуды ни по числу, ни по размерам своим недостаточны для сильно повышенной подачи воды к кроне<sup>1</sup>.

К этой же категории болезненных явлений от физиологической сухости можно отнести часто наблюдаемое на молодых елях, пихтах и других хвойных деревьях, при начале снеготая, покраснение хвои нижних ветвей с южной стороны, точно от опала огнем, обуславливаемое транспирацией хвои от пригрева весеннего солнца, тогда как корни в холодной почве и нижние части древесных стволиков, находящиеся под снежным покровом, вследствие низкой температуры, еще бездействуют.

По наблюдениям, из отдельных древесных пород очень чувствительны к засухе: ель, веймутова сосна, лиственница, туя исполинская (*Thuja gigantea*), черная ольха, бук, береза и ясень; с другой стороны, мало чувствительны к засухе: обыкновенная сосна, банкзианова сосна, сербская ель (*Picea amogica*), псевдотсуга, или пихта Дугласа (голубая форма), ильм, полевой клен, конский каштан, робиния, виды рябины, черемухи, обыкновенный дуб (*Quercus pedunculata*) и *Prunus serotina*.

В общем говоря, с возрастом дерева чувствительность его к засухе уменьшается.

При оценке влияния временного недостатка влаги (от малых осадков или повышенной транспирации) на рост дерева и насаждения необходимо принимать в соображение, что, во избежание опасности оказаться в критическом положении, деревья используют запас влаги в своих стволах, при наличии доступных грунтовых вод черпают из них потребную влагу и этим путем компенсируют недостаток воды, вызванную малыми атмосферными осадками или повышенной транспирацией от изменения физических условий среды.

Благодаря этой компенсации и является возможность получения высокоценного материала с равномерной шириной годичных слоев (резонансового) в глубоких долинах или горных ущельях, где при наличии близких проточных грунтовых вод деревья в сомкнутых насаждениях вместе с тем защищены от доступа ветра и сильной инсоляции.

Эта равномерность сложения древесины и ее анатомического строения есть результат приспособления к равномерным физическим условиям среды (климатическим и почвенным) и, в частности, к равномерности поступления влаги в древесных растениях.

Остановимся теперь на рассмотрении вопроса, как влияет на жизнь лесной растительности постоянный недостаток влаги в деревьях.

- 1) Он обуславливает две характерные черты в сообществах деревьев: низкорослость деревьев с низконасаженной кроной и
- 2) редкий древостой с малым запасом древесины в насаждении.

Те же черты характеризуют и сообщества травянистых растений; так, произрастая на юге, лен бывает низкорослым и редким—кудряш, и на севере—долгунец, идущий на прядильные волокна.

Это явление наблюдается во всех районах, где деревьями плохо сводится текущий приходо-расходный водяной баланс, по недостатку ли атмосферных осадков или вследствие повышенной транспирации:

<sup>1</sup> А. М а р ч е н к о. К вопросу о суховершинности дубовых резервных деревьев. Петербург, 1905.

а) сильно выражено оно, между прочим, у нас в СССР на севере (в б. Архангельской, Тобольской, Енисейской губ.) по мере уменьшения годовых осадков;

б) на горах за пределами пояса максимальных осадков (от 800 до 1500 мм над уровнем моря); оно резко выступает, например, на Кавказе, в Карпатах и Альпах;

в) в южных широтах, где имеется высокая транспирация при ограниченности атмосферных осадков (например, в степях);

г) на морских побережьях, где действуют ветры;

д) в любой даче, на опушке, открытой доступу господствующих ветров и инсоляции;

е) слабый рост подроста под пологом насаждения также обуславливается (по опытам Ф р и к е) преимущественно недостатком влаги и пониженной транспирацией, вызывая: 1) узкие годичные слои, 2) короткие побеги, 3) мало развитые сосуды в древесине и 4) узкие сердцевинные лучи.

Сверх того, с недостатком влаги связана, по-видимому, и зональность хвойных лесов на земном шаре: как малотранспирирующие, эти леса главным образом преобладают в северных широтах и на горных высотах.

II. Затем у пределов географического распространения лесной растительности имеется зона древесных растений лишь карликовой формы (полярная ель и приютившаяся в маленькой впадине сосна) как на крайнем севере, так и на высотах гор.

Карликовый рост деревьев объясняется крайним недостатком влаги в связи с низкой температурой почвы и воздуха и кратковременностью вегетационного периода.

И тут и там царят сухие сильные ветры, которые высушивают молодые побеги, и потому постоянно наблюдаются суховершинность и односторонность развития кроны — лишь в направлении господствующих ветров, а у карликов на севере вся крона направляется к земле, как к источнику тепла.

Что в образовании карликовых форм играет роль и низкая температура среды, подтверждением служат также два явления:

1) почти все древесные породы у северных пределов своего географического распространения принимают карликовый или кустообразный вид, хотя осадков выпадает достаточное количество; так, в такой форме прорастает дуб в б. Костромской, Вятской и Пермской губерниях, где осадков выпадает ежегодно до 400 мм;

2) около полярного круга кое-где встречаются порядочные, хотя и низкорослые, редкие строевые насаждения, но только лишь на южных склонах то есть в местоположениях, более нагреваемых солнцем и лучше защищенных от холодных сухих ветров, дующих с Ледовитого океана.

III. Кустарниковый пояс в предстепне.

В СССР у южной границы лесной области тянется лесостепь, полоса, в которой лиственные леса чередуются с степным пространством (в Западной Сибири это почти исключительно «березовые колки»), с преобладанием в вегетационный период юго-западных ветров.

На границе лесостепи имеется узкий кустарниковый пояс. В Америке он идет приблизительно в меридиональном направлении, а в СССР — в широтном.

В Северной Америке этот пояс хорошо сохранился у западной границы степной области, у восточной же он почти исчез под вмешательством человека, так как колонизация материка шла с востока на запад как в Соединенных Штатах, так и в Канаде.

Почти исчез кустарниковый пояс также и в Европейской части СССР и уцелел местами лишь в Азиатской части СССР.

С эволюционной точки зрения кустарниковые заросли представляют собой авангард леса в степи, с помощью которого древесная растительность может занимать степную почву.

В Европейской части СССР этот пояс составляют кустарниковые заросли:

- 1) дереза, *Saragana frutescens* (дерезники);
- 2) бобовник, или дикий миндаль (*Amygdalus nana*);
- 3) степная вишня (*Prunus chamaecerasus*) (вишарники);
- 4) терн (*Prunus spinosa*) (терновники);
- 5) таволга (*Spirea crenifolia* и *S. hypericifolia*);
- 6) раkitник двухцветковый (*Cytisus biflorus*);
- 7) дрок немецкий (*Genista germanica*);
- 8) дрок красильный (*G. tinctoria*).

Все виды раkitника (*Cytisus*'ы) и дрoка (*Genista*) произрастают в лесной области подлеском в мшистых сосновых борах и в свежих суборах сосновых (т. е. на супеси). Как азотсобирающие растения, они имеют значение хорошего удобрения.

Затем в степях имеют распространение: 1) жостер (*Rhamnus cathartica*), 2) боярышник туполистный (*Crataegus oxyacantha* L.), 3) боярышник черноплодный (*Crataegus melanocarpa* M. B.) и 4) боярышник однопестичный (*Crataegus monogyna* Jacq., т. е. с одной косточкой).

В прибрежных областях Средиземного моря обширные пространства заняты кустарниковой растительностью—маки (*Maquis*); так, в Испании и на Корсике из вечнозеленых кустарников преимущественно встречаются олеандр, мирт, виды вереска, дрок. На Кипре кустарниковую зону образует лентиск (*Pistacia lentiscus* и *Juniperus phoenicea*).

Деревья в маки попадают редко, встречаясь лишь там, где лес борется с маки за почву.

С маки родственна в Австралии кустарниковая зона, называемая скреб (*Scrub*), состоящая из кустов *Acacia*, *Eucalyptus*, *Protea* и других; эти заросли нередко образуют непролазную чащу, ставящую сельскохозяйственной культуре иногда непреодолимые препятствия, так как некоторые формы скреба не удается искоренить даже огнем. Близкородственна с австралийским скребом формация карроо в Капланде (юг Африки), состоящая преимущественно из кустов мимозы (*Acacia karroo*), и др.

Заросли степных кустарников у нас встречаются на ровных местах довольно крупными участками, а поужнее они попадают уже изредка и притом на склонах холмов или возвышенностей небольшими островками.

В этих зарослях постепенно поселяются приземистый и корявый дубняк с примесью кое-где березы и осины. Прежде считали этот дубок за особую разновидность, но в действительности это тот же летний дуб (*Quercus pedunculata* L.), побеги которого постоянно обгрызаются летом разными травоядными животными, а зимой зайцами.

Некоторым дубкам удается дать побеги на такой высоте от земли, что животные уже не могут их обгрызать; понемногу такие дубки выравниваются и вырастают в крупные деревья.

В лесостепи часто можно видеть дубовые рощи с подлеском из угнетенных и хилеющих степных кустарников (дольше всех выживает степная вишня), указывающих на то, что кустарниковая заросль послужила в свое время местом для образования рощи.

Таким образом, существование зарослей кустарников, особенно приспособленных к борьбе с сильными, иссушающими ветрами, может благоприятствовать распространению под их защитой древесных растений, и потому они часто служат очагами самооблесения степи.

А раз лес образовался, то он сам по себе имеет условия своего дальнейшего существования, ослабляя ветер, увлажняя воздух, сберегая надолго влагу в почве, наконец, содействуя увеличению количества выпадающих осадков.

Отсюда понятно, что граница между лесом и степью имеет чрезвычайно капризное направление—результат долговременной борьбы за существование древесной растительности и степных трав.

На юге среди безлесных пространств леса встречаются только в заливных долинах рек; в более северных широтах они появляются также на возвышенностях и на песчаных пространствах; еще далее к северу они спускаются с вершин холмов в долину, из долин рек поднимаются на материк и разрастаются все больше и больше, занимая крупные площади. Близ северной границы лесостепи наблюдается постоянное чередование степных пространств с лиственными лесами, причем ни в характере почвы, ни в рельефе местности, ни тем более в климатических условиях не представляется возможным определять причину, почему данный участок занят лесом, а не степью, или наоборот.

Как в степную область леса вдаются отдельными массивами и рассеяны по степи то крупными, то мелкими островами, так, с другой стороны, среди лесной области далеко встречаются изолированные степные участки с черноземовидной (темной) почвой и с подпочвой современных черноземных степей, участки, окаймленные дубовым лесом или остатками этого леса. Например, около Овруча (б. Волынской губернии), близ Мозыря (б. Минской губернии), у Рославля (б. Смоленской губернии), под Суздалью и Вязниками (б. Владимирской губернии)<sup>1</sup>, а также под Кунгуром и Красноуфимском (б. Пермской губернии), здесь степные участки окаймлены березниками. В этой картине выражается преддверие Сибири.

На востоке Европейской части СССР и особенно за Уралом и в Западной Сибири соотношение между древесной и травянистой формациями в лесостепной области имеет две особенности:

1) заросли степных кустарников встречаются редко и по направлению к востоку постепенно почти исчезают; это, по-видимому, указывает на то, что в Сибири продвижение леса на степь приблизилось к своему крайнему южному пределу;

2) в самооблесении степи, за отсутствием дуба, роль его исполняет береза.

Береза произрастает на юге изредка небольшими рощицами в понижениях и котловинах около воды; а по мере движения к северу березовые рощи встречаются все чаще и чаще, принимая более крупные размеры, причем эти рощи занимают и ровные места; далее к северу эти рощи становятся все многочисленнее и, наконец, смыкаются в сплошную полосу березовых лесов, переходящую посевнее в область северных лесов, в тайгу.

Так как березовые рощи не дают большой тени, то в них обитают представители степных трав; березовые рощицы, рассеянные от степи, придают ей особый колорит, сливаясь на горизонте в одно целое; вся совокупность рощиц представляется с возвышенного пункта сплошным березовым редколесьем.

---


<sup>1</sup> Г. И. Танфильев. О владимирском черноземе. Труды Вольного экономического общества, 1896.

«Еще о владимирском черноземе». «Почвоведение», 1899, № 1.

«Доисторические степи в Европейской России». «Землеведение», 1896, № 2.



## Х. СТЕПИ И ПУСТЫНИ



тепь есть плоская или холмистая сухая, безлесная равнина с почвой черноземной, суглинистой, супесчаной, известковой и тому подобной, покрытой обильной сухолюбивой или полусухолубивой травянистой растительностью. Пространства ровные и безлесные, но влажные и, следовательно, с густым травостоем не называются степью; они образуют или дуга, или болотистые дуга, или на крайнем севере тундры.

Пространство с очень редкой травянистой растительностью, которая не образует сплошного покрова, но состоит из отдельных далеко друг от друга разбросанных кустарников среди голой почвы, называется пустыней.

Пустыня не резко отграничена в природе от степи, а путем постепенных переходов, которые обуславливаются непосредственно климатическими условиями, а именно: скудостью атмосферных осадков, высокой температурой летних месяцев и сухостью воздуха. В зависимости от колебаний климата зона пустынь в прошлом то увеличивалась, то уменьшалась. По исследованиям Л. С. Берга, в ледниковую эпоху пустынная зона как южного, так и северного полушария сильно сузилась; в наступивший затем сухой послеледниковый период, наоборот, эта зона значительно распространила свои пределы как к северу, так и к югу за счет прилегающих к ней степных пространств; наступила эпоха образования лёсса и высыхания озер. В современную эпоху наблюдается обратное явление—сужение зоны пустынь (Л. С. Берг к вопросу о смещении климатических зон в послеледниковое время. «Почвоведение», 1913, № 4, стр. 1—26, с 2 картами).

При сухости климата степь может быть и на значительной высоте над уровнем моря; так, на Алтае встречаются плоскогорья или пологие склоны гор на высоте 2900—3200 м над уровнем моря с темной почвой, сходной по структуре и окраске с черноземом, одетые степной растительностью; при этом фон растительности образуют ковыль (*Stipa pennata*), *Avena desertorium* и *Poa sterilis*; всюду встречаются также тигчак сизый, *Koeleria cristata*. Таким образом, эти пространства, называемые альпийской степью, представляют по флоре и фауне огромное сходство с ковыльной степью черноземной области, с той лишь особенностью, что здесь встречаются отдельными экземплярами растения отчасти горные (как *Cousinia parnasa*, *Jurinea lanipes*, *Kochia prostrata* и др.), отчасти альпийские (как *Leontopodium alpinum*, *Myosotis alpestris*, *Pulsatilla albana*, *Eritrichium villosum* и др.).

Северная граница степной области проходит через б. Вольтскую, Киевскую, Тульскую и Казанскую губернии, затем она идет по р. Каме и Белой,

спускаясь к югу вдоль Уральского хребта до 52° с. ш., и вновь поднимается до Ирбита, Ишима, Омска и Кольвани. К востоку от Алтая степи разбросаны небольшими районами по южной Сибири, например в Красноярском, Канском и Минусинском округах Енисейской губернии, в Балаганском округе Иркутской губернии и в Забайкалье.

Южный предел степной области доходит до Крымских и Кавказских гор. На юго-востоке Европейской части СССР эта область постепенно переходит в Азии на широте 48—49° с. ш. в скудную осадками пустыню, раскинутую в Средней Азии на месте Арало-Каспийского и других постплиоценовых бассейнов, существовавших одновременно с ледниковым покровом в Европе.

Степные пространства встречаются и вне пределов СССР; так, по всей области Средиземного моря, в особенности в Испании, известны в Румынии; они широко раскинуты в Средней Азии, Монголии и Ост-Индии, затем в Австралии, южной и центральной Африке (Судан), наконец, степи сильно распространены в Соединенных Штатах Северной Америки и в Канаде (прерии), а также в Южной Америке (пампасы). В Монголии степи занимают главным образом нагорья, переходя к югу на низменностях в пустыню Гоби.

К западу от Карпат типичные степи занимают венгерскую котловину и ничтожными пятнами степи попадают около Магдебурга в Германии. Степям свойственны особый климат и почва, своя флора и фауна.

В климатическом отношении степная область характеризуется следующими чертами:

1) суровыми зимами и сухим жарким летом и высокой амплитудой температурных колебаний, очень часто превышающих 20°, при средней температуре июля 18—24°;

2) относительно небольшой влажностью воздуха летом в 55—60%, спускающейся в теплые дни весной и летом иногда ниже 10%;

3) сильными ветрами, преимущественно (особенно весной) с восточной четверти горизонта, приносящими в южнорусские степи нередко очень сухой знойный воздух из среднеазиатских пустынь.

В переходной же полосе степей, граничащей на севере с лесостепью, в течение вегетационного периода происходит постоянная борьба за преобладание между ЮВ и ЮЗ воздушными течениями, то есть дуют то сухие жгучие ветры из Азии, то влажные, несущие осадки с Атлантического океана. Эта борьба объясняется прохождением над южными степями барической оси, отделяющей Азорские (летние) антициклоны от сибирского и полярного антициклона;

4) средним годовым количеством осадков всего в 200—500 мм, чаще от 300 до 400 мм, при сильном колебании в различные годы в ту и другую сторону от средней нормы;

5) недостаточностью числа дней с осадками за вегетационный период и постепенным уменьшением этого числа по направлению к югу и в особенности юго-востоку, то есть дождливые дни сменяются более или менее продолжительными бездождными периодами (дней с осадками за год приходится в Кишиневе—74, Днепровске—75, Аскании-Нова—48, Самаре—72, Астрахани—75);

6) сильной испаряемостью, по большей части значительно превышающей годовое количество осадков. При сопоставлении разных областей отношение осадков к годовому испарению выражается в следующих данных:

а) во влажной лесной области это отношение равно 1,24 (осадки 542 мм и испарение 438 мм);

б) в лесостепи отношение равно 0,97 (осадки 480 мм и испарение 497 мм);

в) в умеренно сухой степи это отношение равно 0,63 (осадки 405 мм и испарение 640 мм) и

г) в южной сухой степи отношение осадков к испарению составляет 0,33 (осадки 251 мм и испарение 754 мм).

В общем, следовательно, в этих четырех областях отношение осадков к испарению можно принять, в круглых цифрах, соответственно равным 1,33; 1; 0,66 и 0,33.

В Петровско-Разумовском, по наблюдениям за 43 года, годовое количество осадков составляет в среднем 536 мм и испарение в испарителе Вильда равно 404 мм.

По отдельным же годам наблюдаются значительные колебания от этой средней нормы. Так, за 1920 г. (при осадках в 338 мм и испарении в 693 мм) испаряемость равнялась 203%.

Вследствие сухости климата и слабого промачивания земли осадками степные почвы чрезвычайно плодородны и богаты растворимыми солями в грунте; в них накопился и связан известью перегной, полное разложение которого затруднено, с одной стороны, летне-осенними засухами, а с другой — зимним промерзанием.

Почва степей — чернозем, лежащий чаще всего на толще лёсса или лёссовидного суглинка или глины, с значительным содержанием извести. Этот чернозем в северной полосе степей достигает наибольшей мощности и тучности, так как содержит 4—10% и иногда до 16% гумуса; к югу он делается менее мощным, беднеет гумусом и становится поэтому светлее, причем в области умеренно сухих степей почвы преобладают шоколадные; наконец, в области сухих степей, где испаряемость в 2—3 и даже до 5 раз превышает осадки, почвы переходят в светло-бурые (полянны) и каштановые (ковыльно-полянны), и затем чернозем совершенно сходит на нет.

На свежих, достаточно глубоких обнажениях в степи на большей или меньшей глубине от поверхности почвы встречается горизонт, в котором попадаются кристаллы гипса и скопления углекислой извести, которой, сверх того, пропитана почти вся толща дилювиального наноса.

В подпочве черноземной степи на вертикальном разрезе встречаются черные пятна круглой, овальной или вытянутой формы, попадающиеся нередко до глубины 4—5 м; эти пятна не что иное, как заполненные черноземом ходы роющих животных, главным образом слепца (*Spalax*), суслика (*Spermophilus*), байбака (*Arctomys Vobac*) и земляного зайца (*Alactago*). Животные эти исключительно степные, в лесах не встречаются, благодаря чему черные пятна, называемые «кротовинами», как следы пребывания названных животных, наглядно указывают на степной характер данной местности, хотя бы она ныне и была занята лесом.

Образование кротовин непосредственно наблюдается в настоящее время в тех местах, где водятся степные грызуны.

Типичный лёсс представляет собой суглинок, реже супесь, отличающуюся следующими шестью признаками:

- 1) неслоистостью;
- 2) пористостью;
- 3) карбонатностью (до 10—15%, а иногда и более,  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{MgCO}_3$ );
- 4) однородным, тонким механическим составом: преобладают частицы меньше 0,05 мм диаметром, частиц крупнее 0,1 мм очень мало, частицы крупнее 0,25 мм и мельче 0,0015 мм почти отсутствуют;
- 5) палево-желтым цветом;
- 6) способностью обваливаться вертикальными стенками.

В типичном лёссе, по заключению геологов и почвоведов, количество физической глины, или мелкозема (т. е. частиц менее 0,01 мм в диаметре), содержится от 12 до 79%.

Эти огромные колебания содержания мелкозема обуславливают большие колебания в просачивании воды в почве.

Ввиду присутствия карбонатов от прибавления 10% раствора соляной кислоты (HCl) лёсс вскипает с известной глубины от дневной поверхности. Глубина начала этого вскипания тем значительнее, чем больше просачивается воды в данном месте, благодаря ли повышенным атмосферным осадкам



или вследствие поступления воды от поверхностного ее стока. Поэтому в общем максимальная глубина приходится на севере, а минимальная на юго-востоке степной области, и в пониженных местах она больше, чем на возвышенностях. Определением глубины горизонта вскипания много занимался у нас Г. И. Танфильев. Лёсс приурочен не только к речным долинам, но нередко он залегает также на ровных и невысоких плато, а равно и на невысоких водоразделах.

Породу, которой недостает одного из шести вышеперечисленных признаков (например, однородности механического состава, карбонатности и т.п.), называют лёссовидной (лёссовидная глина, лёссовидный суглинок и лёссовидная супесь). Лёссовидные породы чрезвычайно разнообразны по механическому, химическому и петрографическому составу, по цвету, консистенции и другим признакам.

По вопросу о происхождении лёсса существуют четыре следующие гипотезы, из которых две первые ныне пользуются распространением:

1) ветровая (эоловая), рассматривающая лёсс как осадок атмосферной пыли;

2) дилювиальная, объясняющая происхождение лёсса смывом дождевыми струйками продуктов выветривания различных коренных пород и отложением продуктов смыва на склонах и у подножия возвышенностей;

3) ледниковая, по которой лёсс является отложением ледниковой мути, вынесенной талыми водами ледника (родоначальник этой гипотезы Ляйелль; к нему примыкают Крапоткин, Докучаев и почвоведы Агафонов и Кудрявцев), в

4) почвенная гипотеза, высказанная в 1916 г. Л. Бергом. По этой гипотезе лёсс и лёссовидные породы могут образоваться в результате выветривания и почвообразования в условиях сухого климата из самых различных пород на месте (*in situ*), то есть без перемещения почвенных частиц ветром или водой, причем наиболее благоприятствуют образованию лёсса такие отложения, как некоторые ледниковые, затем аллювий и дилувий.

Степная травянистая растительность в общем не нуждается в сухом и жарком климате; некоторые степные травы, как *A. alpinus*, *S. campestris*, *A. silvestris* и другие, кроме степной области, встречаются также в альпийской области гор или на далеком севере в области тундр. Из этого видно, что степные травы могут существовать и при низкой температуре и «если бы,—говорит академик-ботаник С. Коржинский,—не было сплошного пояса лесов, ограничивающего степь, последняя, постепенно меняя свой состав, простиралась бы далеко на север и сливалась бы с областью тундр» (Степь. Энциклопедический словарь. СПб, 1901, т. XXXI, стр. 601).

Степная растительность приспособилась к низкой влажности воздуха, ограниченными осадкам и к обилию растворимых солей в почве и грунте. Она состоит из двух категорий трав: 1) с коротким периодом вегетации и 2) ксероморфов, или сухолюбивых. Смотря по местности и по условиям погоды, в мае или июне травянистая растительность достигает своего высшего развития, в июне—июле почва высыхает, причем большинство трав созревает и выгорает под лучами жаркого солнца; остаются зелеными только растения, способные довольствоваться малыми запасами почвенной влаги, то есть ксероморфы.

Растительность по видовому составу состоит главным образом из злаков, которые сидят небольшими дерновниками, между которыми видна голая почва. Всего более распространены виды ковыля, особенно обыкновенный перистый ковыль (*Stipa pennata*); он нередко покрывает сплошь большие площади и своими шелковистыми белыми перистыми остями придает степи волнующийся вид. На очень тучных степях развивается особая разновидность перистого ковыля (*Stipa grafiiana*), отличающаяся весьма крупными размерами. С другой стороны, на сухих бесплодных степях растет более мелкий ковыль Лессинга (*Stipa Lessingiana*). На сухих холмах, особенно

с каменистой почвой, на востоке Европейской части СССР встречается *Stipa Richteriana*. Ковыль колосовидный, или гырса (*Stipa capillata*), растет чаще на перелогах, чем на девственной степи. После видов ковыля самую важную роль из злаков играет кипец, или типец (*Festuca sulcata*), который встречается всюду в степи, но особенное распространение имеет на восток от Урала; там на сухих степях он часто образует фон растительности. Кипец представляет прекрасный корм для овец, которые срывают его маленькие пучки тонких листьев у самой земли.

Затем во многих местностях, особенно на востоке, играют большую роль овес степной (*Avena desertorum*), мятлик (*Poa sterilis*).

Кроме того, в степях распространены также повсюду аржанец степной (*Phleum Boehmeri*) и типчак сизый (*Koeleria glauca* DC), играющие роль при-меси.

Весьма характерными для степей являются растения, называемые пере-кати-поле. Это растения шарообразной формы, благодаря чему, обломив-шись у основания стебля после созревания семян и засыхания листьев, они перекатываются ветром по земле с места на место, зачастую скопляясь в боль-шом количестве в оврагах, около заборов и пр.; нередко, при перекатывании сразу многих кустов, они так переплетаются между собой, что образуют огромные шары, величиной с воз сена. Способность перекатываться ветром служит приспособлением к расселению семян. Перекати-поле принадлежат различным семействам, преимущественно же это следующие растения: солянка (*Salsola kali* L.), кермяки (*Statice tatarica* L. и *St. latifolia*), железняк (*Phlomis pungens*), катран (*Crambe tatarica*), качим (*Gypsophila paniculata*), колючка (*Eryngium campestre*) и серпуха (*Serratula xeranthemoides*).

Такова основа степной растительности на всем протяжении от Карпат до Алтая. На этом фоне разбросано много других, преимущественно много-летних, растений, главная масса которых, несомненно, расселилась с Кав-каза, так как северные границы их распространения описывают дуги с центром на Кавказе; но многие формы ограничиваются юго-западной частью СССР.

Алтай и отчасти Урал также служили центрами распространения многих форм растений в местных степях; эти формы, сильно размножившись, при-дали местами особый отпечаток тем или иным районам степи.

В общем же типичная черноземная степь есть прежде всего ковыльная; эта степь развита в чистом виде в средней полосе степной области, представ-ляя собой в климатическом отношении умеренно сухую степь.

К северу ковыльная степь переходит в луговую степь (лесостепь), пред-ставляющую ярко-зеленый густой ковер травянистой растительности, в ко-торой доминирующую роль играют двудольные растения, степные же злаки, хотя и встречаются всюду, однако имеют уже подчиненное значение.

В состав этой степи входят, между прочим, также и представители тра-вянистых растений лесной области, произрастающие на лесных лугах и сухих опушках лесов.

Луговая степь примыкает к южной границе лесной области; в эту область довольно далеко на север проникают многие степные растения, которые произрастают здесь преимущественно на обращенных к югу известковых или мергелистых склонах, а также обитают в редких сосновых борах, на полях и прогалинах с песчаной почвой, а в Сибири — в березниках и лиственничных насаждениях.

По направлению к югу в составе ковыльной степи увеличивается коли-чество типца, или кицца (*Festuca sulcata*), и эта зона некоторыми выделяется как степь типцовая, или типчаковая. По мере приближения к горам Крыма, Кавказа и Алтая степь значительно обогащается горными формами травяни-стых растений.

На южной и юго-восточной окраине Европейской части СССР и на юге степной области в Сибири, а также в северном Туркестане выделяется широ-кая полоса каштановых почв с содержанием гумуса всего около 2,5—3%,

и здесь развита степь иного типа — полынная, в которой, наряду со степными злаками, обильно произрастают пушистая полынь (*Artemisia austriaca*), приморская полынь (*Art. maritima*), краснобыльник (*Art. scoparia*), римская полынь (*Art. Pontica*), божье дерево (*Art. procera*) и другие виды полыни.

В климатическом отношении это — степь, сухая, где испаряемость в два-три и до пяти раз больше осадков.

Полынная степь постепенно переходит в пустыню, причем растительность становится все скуднее и реже, т. е. с большим количеством голой почвы между кустиками, и к черноземной флоре все более примешиваются обитатели пустынь, как-то: *Eurotia*, *Ceratocarpus*, *Kochia* и пр.; при этом в низинах чаще и чаще наблюдаются солонцы со своей типичной флорой, а на более возвышенных местах ковыль и кипец все рedeют и, наконец, сменяются пустынной формацией серого колорита.

Южная граница степей, несомненно, обуславливается непосредственно климатическими условиями, а именно: высокой температурой летних месяцев, скудостью осадков и сухостью воздуха.

Особняком стоит альпийская степь, расположенная на горных высотах и представляющая по своему составу весьма большое сходство с ковыльной степью черноземной области. Кроме того, отмечается каменистая степь, каковой тип степной растительности на каменистом субстрате рассеян кое-где небольшими участками среди степей.

Южнорусские степи окаймлены у берега моря узкой полоской с особым типом растительности: морское побережье и лиманы, благодаря обилию солей в почве, заняты своеобразной солончаковой формацией, которая достигает наибольшего развития к концу лета и осени, принимая красный цвет различных оттенков. В составе солончаковой растительности доминируют красноокрашенные солерос (*Salicornia herbacea*) и соган (*Suaeda maritima*), а на глинистых местах заросли полукустарника *Halocnemum strobilaceum*; среди них разбросаны кермек (*Statice caspia*, *S. Gmelini* и *S. tatarica*), серая лебеда (*Atriplex verruciferum*, полукустарник) и *A. littorale*.

Дополняют состав этой формации целый ряд других солончаковых растений: *Samphorosma perenne*, *Frankenia hirsuta*, *Petrosimonia volvox*, *Lepidium crassifolium*, *Capsella elliptica*, *Eryngium maritimum* и другие.

Распределение в степной области травянистой растительности, по мере движения с юга на север, представляется в следующих чертах: за прибрежной полосой, только-что освободившейся из-под Черного или Азовского моря и покрытой солончаковой флорой, идет зона, шириной до 20 км, типичной полынной степи, занимающей несколько более повышенную часть равнины (до 20 м над уровнем моря) и позже всей остальной равнины освободившейся из-под вод Понтического моря, с неразвитой еще засоленной суглинистой каштанового цвета почвой и с крайне редким травостоем. Флора этого типа степи по своему составу очень бедная, состоит из 50 видов однодольных и двудольных растений.

Далее на север следует типично ковыльная степь, расположенная на еще более повышенной части равнины (до изогипсы 40 м над уровнем моря) и пораньше освободившейся из-под вод Понтического моря, с почвой черноземной, содержащей до 4,5% гумуса, и с травостоем более густым, чем в предыдущей зоне.

Зона ковыльных степей проходит по 6. губерниям Херсонской, Екатеринославской, южной части Харьковской, Саратовской, Самарской и др. Флора ковыльной степи богаче полынной степи, заключая в себе уже более 100 видов растений.

Для ковыльной степи характерными растениями являются ковыль с длинными перистыми метелками, развевающимися по ветру, а также шафрей, а ранней весной, по сходе снега, появляются различные красивоцветущие растения, как-то: желтые и красные (на самом юге) тюльпаны, ярко желтые горичветы, петушки-ирисы, бледно-голубые гиацинты, светлоси-

ловые фиалки и др.; в середине лета (в начале или середине июля) зацветает другой ковыль—тырса, во множестве встречающийся в степях этого типа и придающий тогда своими раскидистыми метелками весьма своеобразный золотистый оттенок степному ландшафту. В наиболее южных «ковыльных» степях особенно характерен мелкий ковыль Лессинга.

В общем для ковыльной степи характерны злаки, из отдельных представителей которых наиболее типичны типчак и калерия.

Второй характерной особенностью этого типа степи является также то, что живой покров не сплошь покрывает почву, а между дерновинками отдельных растений есть места с голой почвой. По мере движения к югу и юго-востоку травяной покров все более и более изреживается, прогалинки с голой почвой между отдельными растениями становятся все больше и больше. В южной зоне степей ковыль уже теряет свое господство, из злаков особенно сильно распространен типчак, а из других растений так называемый ромашник; эта зона, лежащая уже в области каштановых почв, получила название типчаково-ромашниковой и особенно хорошо она выражена на юго-востоке Европейской части СССР—б. Саратовской и Астраханской губерниях.

К северу от зоны ковыльных степей тянется луговая степь на большей части равнины, которая поднимается до 230 м над уровнем моря и более и не находилась под морем со времени верхнемеловой и палеогеновой эпох, а также включает в себя на юге и полосу, ранее всего освободившуюся из-под вод древнего Сарматского моря. Как наиболее древняя, эта степь по своему составу гораздо богаче ковыльной степи, представляя свыше 160 видов растений. Здесь травостой становится более густым и выше; количество ковыля и других злаков уменьшается, господство приобретают растения двудольные. Ранней весной степь этого типа пестрит темно-лиловыми анемонами и золотистыми горичцветами; в начале мая она становится нежно-голубой от почти сплошного ковра незабудок; в конце мая степь приобретает лиловую окраску от господства шалфея; в июне она пестрит различными цветами других растений. В общем для луговой степи типичны разнообразные двудольные растения, так называемое «разнотравье».

Зону с луговой степью можно назвать лесостепью в широком смысле слова; она проходит по б. губерниям: Киевской, Полтавской, Курской, северной части Воронежской, средней части Тамбовской, Пензенской и далее на северо-восток.

Такова картина зонального распределения типов степной растительности в меридиональном направлении, в связи с их геологическим прошлым.

То, что наблюдается теперь в пространстве, прежде имело место во времени, и каждый из более развитых типов степи в своей эволюции пережил стадии степей менее развитых, т. е. солончаковой, полевой и т. д. Это подтверждается, между прочим, пустынной растительностью на юго-востоке СССР, заселившей в сравнительно недавнее (геологически) время бывшее дно постплиоценового Арало-Каспийского бассейна.

В вышеупомянутой эволюции травяная степь, при продолжающемся выщелачивании почвы, в свою очередь переходит в следующую стадию, еще более совершенную и сильную в социальном отношении, именно в лесное сообщество.

Вместе с тем переход одного типа степной растительности в другой находится под непосредственным влиянием увеличивающейся почвенной влажности, что в свою очередь зависит от количества осадков и испаряемости. Эта связь демонстрируется в одной и той же зоне изменением состава степной растительности вместе с рельефом: возвышенность придает растительности вид ковыльной степи, между тем как низины или северные склоны принимают характер луговой степи.

Затем в сухие годы луговая степь в своей южной пограничной части превращается в ковыльную степь, а в дождливые годы, наоборот, ковыльная

степь по густоте травостоя и по яркости зелени, а отчасти и по составу принимает характер луговой степи.

В степях часто встречаются поды, которые представляют собой блюдцеобразные понижения. Во время сильных дождей и дружного таяния снега в под поступает значительное количество воды, стекающей в него с окружающей степи. Район поверхностного стока воды в большой под бывает очень значительный, простираясь иногда на несколько километров от окраины пода. Поэтому в поду по временам может скопляться масса воды, которая в середине его нередко стоит более или менее продолжительное время в виде озера. В большинстве степных подов почвы сильно выщелочены и превращены в подзолы, при этом на некоторой глубине в почве обыкновенно встречается много шариков болотной марганцево-железной руды и журавники извести.

Если в подах еще не поселились заросли степных кустарников, то они заняты травянистой растительностью.

Закономерность, наблюдаемую в южной половине Европейской части СССР в распределении и развитии типов степной растительности в широком масштабе, приходится констатировать также и по отношению к растительности степных подов: в поlynной степи поды заняты солончаковой флорой, в типичной ковыльной степи — луговой растительностью, а в луговой степи — на подах обитает растительность влажно-луговая и даже болотная с типичным подзолом и орштейном.

Параллельно с эволюцией степи от поlynной до луговой шла также и эволюция растительности пода от солончаковой до болотной с типичным подзолом и орштейном из марганцево-железной руды.

На растительности подов ковыльной степи весьма наглядно демонстрируется зависимость растительности наших степей от самых незначительных колебаний рельефа, а в связи с ним и почвенной влажности. Несмотря на ничтожную глубину подов, растительность их в южнорусских степях образует ряд резких концентрических зон: 1) ковыльной степи, 2) ковыльно-луговой, 3) луговой, 4) влажно-луговой, 5) болотно-луговой и даже болотной; при этом переход от ковыльной зоны к болотной происходит в поде на протяжении всего нескольких метров.

Эта концентрическая зональность растительности пода не остается стационарной, а изменяется по годам, в зависимости от условий погоды. По наблюдениям И. Пачоского, в причерноморских степях<sup>1</sup> в годы, обильные осадками, степная растительность в подах временно гибнет, сменяясь лугово-болотной и болотной флорой (*Haleocharis*, *Butomus*, *Elatine*, *Alisma*, *Lythcum* и др.); наоборот, в засушливые годы степная растительность надвигается на под, причем весьма многие представители болотной флоры на несколько лет совершенно исчезают до первого, более продолжительного затопления дна пода водой.

Жизнь степных подов представляет для лесоведа особенный интерес, так как в степной области, как сейчас будет сказано, именно в подах первоначально появляются заросли степных кустарников — этих очагов самооблесения степи.

Что касается деревянистой растительности в степной области, то она в количественном и качественном отношении представляет крайне резкие различия в меридиональном направлении.

В областях сухих степей Европейской части СССР, кроме речных пойм, она представлена почти исключительно зарослями степных кустарников, крайне редко встречающимися на возвышенностях в подах с более или менее выщелоченной почвой и кое-где на склонах холмов. Эти заросли имеют в поперечнике несколько метров или в исключительных случаях до четы-

<sup>1</sup> И. П а ч о с к и й. Причерноморские степи. Ботанико-геологический очерк. Записки Общества сельск. хоз. Южной России, 1908, № 7, 8 и 9.

рех-шести десятков метров; кроме того, на солонцах растет кое-где та марикс.

По мере движения на север в области ковыльных степей эти заросли попадают все чаще и становятся более крупными островками в подах.

В состав этих зарослей преимущественно входят: дереза (*Garagan frutescens*), степная вишня (*Prunus chamaecerasus*), бобовник, или дикий миндаль (*Amygdalus nana*), раkitник (*Cytisus biflorus*), два вида таволги (*Spyrea crenifolia* и *Sp. hypericifolia*), жостер (*Rhamnus cathartica*); в этих зарослях попадают иногда берест (*Ulmus campestris*), груша (*Pirus communis*) и боярышник (*Crataegus monogyna* и *Cr. melanocarpa*).

В южных широтах Европейской части СССР и Сибири в зарослях пришиваются низкорослые кустарники и полукустарники, как-то: астрагал малиновый (*Astragalus vimineus*), веничник (*Kochia prostrata*), хвойник (*Ephedra vulgaris*) и т. п.

Все степные кустарники сильно размножаются вегетативным путем: из них бобовник, дереза и таволга дают корневищные побеги, которыми они забегают вперед, надвигаясь на степь; остальные же кустарники дают весьма обильные корневые отпрыски; благодаря вегетативному размножению многие из названных кустарников нередко представляют собой почти чистые заросли — дерезники, вишарники, терновники и раkitники.

В северной части степной области в кустарных зарослях постепенно появляется затравленный скотом приземистый, корявый дубняк, из которого местами вырастают крупные деревья и дубовые рощицы. Еще севернее появляются более крупные дубовые рощи, под пологом которых находится угнетенный подлесок из степных кустарников, свидетельствующий о том, что заросли степных кустарников действительно служат очагами самообсеивания степи.

По направлению к северу количество дубовых лесов значительно увеличивается, причем из речных долин и дна оврагов они поднимаются на возвышенности и занимают на них все более и более крупные площади или спускаются с плато в пониженные места.

Близ северной границы луговых степей дубовые рощи постоянно чередуются со степными участками, причем ни рельеф, ни качество почвы, ни тем более какие-либо климатические особенности не объясняют, почему данная площадь занята лесом, а другая — степью.

Сильное распространение лесов в лугово-степной полосе, очевидно находится в связи с более влажным климатом. В этой полосе климатические условия, по-видимому, одинаково благоприятны и лесной и степной растительности. Современное распределение в ней лесов и степей не зависит от современных физико-географических условий, а от иных факторов.

В северной части лесостепной области в дубовых лесах примесь произрастают широколиственные породы: липа, клены, ясень, вяз, а местами примешаны осина, береза и т. п.

С движением на юг, по мере уменьшения среди степи численности и площади дубовых рощ, сокращается в количественном и качественном отношении также и подмесь других пород, придавая рощам более однообразный характер.

Наиболее южные островки степных лесов состоят почти исключительно из обыкновенного дуба (*Q. pedunculata*); в западной части лесостепи Европейской части СССР произрастает и зимний дуб (*Q. sessiliflora*), а в юго-западной полосе попадает также и пушистый дуб (*Q. pubescens*), который доходит до средней части Тираспольского уезда б. Херсонской губернии (оба эти последние вида с сидячими желудями).

В восточной части степей Европейской части СССР, начиная приблизительно с меридиана Воронежа, нередко встречаются небольшие лески осинового, называемые колками, кустами, солодами, или баклашами. Эти лески находятся на степных водоразделах, причем всегда приурочены к влажным блюдцеобразным западинам с почвой более выщелоченной, чем рядом в степи.

Осиновые колки — аналог зарослей степных кустарников в подпах и живых русских степей. Они представляют собой весьма оригинальное явление степной природы. На высокой открытой равнине уже издали они выделяются в виде островков древесной растительности, порой собирающихся на небольшом расстоянии друг от друга целыми десятками.

Процесс появления и развития осиновых рощиц в открытой степи представляет собой один из путей, каким лес отвоевывает себе место в степи. Этому вопросу посвящена подробная работа Г. И. Попова «Происхождение и развитие осиновых кустов в Воронежской губернии» (Труды Докучаевского почвенного комитета, вып. 2, Петроград, 1914). Ход этого процесса представляется в следующих чертах:

В западинах, благодаря избыточному накоплению воды снеговой и дождевой, нередко имеются болотца, а наряду с ними солонцы и солончаки с недостаточным промыванием почвы. В солонцах на некоторой глубине от поверхности почвы (10—15 см) развивается плотный столбчатый слой, отличающийся большой водоупорностью. Поэтому столбчатые солонцы, по стаянии снега и после сильных дождей, превращаются во временные болотца, в которых вода мало-помалу промывает солонец в глубину, унося вниз вредные для растений соли, а именно соду, или углекислый натр, и глауберову соль, или сернокислый натр. Заболачивание и последующее промывание солонца создают благоприятную обстановку для поселения на нем кустарниковой заросли из пепельной ивы (*Salix cinerea*); так как в этой заросли зимой скопится много снега, то это ведет за собой еще лучшее промывание почвы и, в конце концов, разрушение столбчатого слоя в солонце.

Таким образом, ивовая заросль подготавливает почву для поселения осины. С появлением осины последняя разрастается в рощицу, вызывая дальнейшее изменение почвы в сторону, благоприятную для произрастания древесной растительности. В результате ивовая заросль сменяется осиновой рощицей.

В составе флоры сформировавшегося осинника большую роль играет перенос семян и плодов птицами и отчасти ветром. Наиболее обычной примесью к осине являются ивы (*S. cinerea*, *S. pentandra*, *S. repens* и др.); затем ломкая крушина, шиповник (*Rosa cinnamomea*), черемуха, яблоня, груша, калина, крушина слабительная и ежевика (*Rubus caesius*). Из трав довольно обычен ландыш (*Convallaria majalis*) и большую роль играют луговые и болотные растения: горичвет (*Lychnis chalcidonica*), таволга (*Filipendula Ulmaria*), маун (*Valeriana officinalis*), бубенчики (*Adenophora liliifolia*); характерно также присутствие и некоторых сорняков, как лопух (*Lappa tomentosa*) и крапива (*Urtica dioica*). В осиновых рощицах многие травы (борщевик, таволга, чернобыльник, маун и др.) достигают высоты, значительно превосходящей рост человека. Лесостепная полоса Европейской части СССР характеризуется множеством оврагов и балок, нередко врезающихся глубоко в лёсс и лёссовидные породы, составляющие подпочву чернозема.

Грунтовая вода в лесах всегда пресная, мягкая, между тем как в степи эти воды всегда жесткие, а в более южных широтах иногда и солоноваты на вкус.

К востоку от Днепра, в средней части степной полосы поперечный разрез речной долины представляет такую картину. К западному, преимущественно правому, берегу реки степь обрывается крутым скатом, сложенным из лёсса или лёссовидных пород, иногда мела или известняка; к востоку от русла реки расположена пойма, или заливная долина, а за поймой находится иногда полоса песков или непосредственно начинается подъем на очень пологий степной склон, тянущийся на 10—20 км и более; затем идет более или менее ровное, но неширокое плато, круто спускающееся к следующей реке, и картина повторяется прежняя. Леса встречаются нередко в самой пойме рек, а чаще всего по балкам и оврагам, прорезающим оба речных склона до самого

степного плато. Обращенные на восток крутые скаты правобережий часто изрезаны действующими оврагами, в верховьях которых произрастают дубовые лесочки, обрамленные кустарниковой опушкой; с помощью этой опушки, вегетативно размножающейся и посылающей вперед корневые отпрыски, лесочки постепенно разрастаются, вытесняя собой степную травянистую растительность.

К западу же от Днепра территория, утрачивая свой равнинный характер, становится более холмистой, при этом степные пространства приурочены преимущественно к слабым склонам; леса же, наоборот, занимают наиболее возвышенные места.

Вся северная половина степной области, имеющая в большей или меньшей степени леса, называется лесостепью; по наиболее характерной для степных лесов породе ей предложено Танфильевым название дубового предстепья, в отличие от зауральской области, где предстепье—березовое, но это наименование не вошло в обиход.

В средней части степной полосы Европейской части СССР в балках, покрытых лесом, наблюдается следующая зональность распределения лесной растительности. По дну балки, врезающейся в грунт глубже уровня местных грунтовых вод, ввиду избытка влаги, растет преимущественно черная ольха с примесью вяза и отчасти ясеня, липы и дуба, при отсутствии кустарникового подлеска; деревья здесь полндревесные и самые крупномерные, достигая 23—26 м высоты. По обоим сторонам дна балки идет полоса (II зона) с влажным грунтом, занятая разнообразного состава смешанным, сложной формы насаждением из дуба и ясеня в верхнем ярусе, ильма, липы, остролистного и полевого клена—во втором ярусе, с густым подлеском из кустарников, причем, по мере поднятия вверх по склону балки, деревья становятся все более и более низкими и суковатыми; это самая широкая зона в лесной балке.

Далее, с обеих сторон балки находится по полосе (III зона) с сухим грунтом, прикрытым черноземом, хотя постепенно и деградирующим; в этой зоне, более узкой, чем предыдущая, господствует почти чистый дуб, при единичной примеси береста, со вторым, редким ярусом из полевого и татарского клена и кустарников, с небольшой подмесью липы, яблони и груши, причем дубняк довольно редкий и низкорослый, и в засушливые годы он сильно страдает, подвергаясь массовой суховершинности.

За этой зоной расположена по обоим сторонам балки, на ее бровке, кустарниковая опушка, своими корневыми отпрысками забегающая вперед в степь; в состав опушки входят степные кустарники, а также шиповник, груша, яблоня, татарский клен и боярышник (*Crataegus monogyna*), а в более южных широтах и *Sr. melanocarpa*; нередко, однако, кустарниковая опушка отсутствует, будучи уничтожена человеком и домашними животными, о чем иногда свидетельствуют выходящие в открытую степь отдельные экземпляры яблони и груши, по местному общему названию «кислицы».

В северной части лесостепной области зоны II и III насаждения в балках, широко разрастаясь, смыкаются с соответственными зонами смежных овражных лесков и образуют более или менее крупные массивы вдоль водоразделов, причем непригодные для произрастания леса сухие выступы остаются занятыми лишь кустарником, образуя собой лесные поляны.

Наоборот, по направлению к югу в балках некоторые зоны начинают уменьшаться и выпадать; прежде всего исчезает зона II, а донная полоса (I зона), принимая в себя, вместо ольхи, ветлу и осокорь, переходит в речные плавни; еще южнее, затем, постепенно выпадают и элементы III зоны балочного леса.

В южных совершенно безлесных степях леса произрастают в поймах и речных долинах и состоят преимущественно из мягких пород: осокоря, ветлы (*Salix alba*), сины, серебристого тополя и ольхи, с примесью дуба и вяза, а на окраинах склона также береста, ясеня, татарского клена, груши и яблони;



в подлеске—разные ивы (*S. amygdalina*, *S. purpurea*, *S. cinerea* и *S. viminalis*) и другие кустарники.

Пойменные, или плавневые, леса спускаются глубоко в область сухих степей; так, они встречаются до устья Днепра, Днестра, Дона, Волги и Урала, причем в плавнях только что названных рек дуб не спускается до устья, а доходит по р. Волге лишь до Каменного Яра, а по р. Уралу—выше г. Уральска.

В заливных долинах рек б. Оренбургской губернии пойменные леса, по-местному «уремы», состоят, по Э. Эверсману, из следующих пород: *Populus nigra*, *P. alba*, *Ulmus effusa*, *Alnus glutinosa*, с подлеском из *Prunus padus*, *Sorbus aucuparia*, *Viburnum opulus*, *Lonicera xylosteum*, *L. tatarica*, разных ив, малины, ежевики, *Crat. oxyacantha*, *Crat. sanguinea*, а также из степных кустарников: *Prunus spinosa*, *Caragana frutescens*, *Cytisus biflorus*, *Prunus chamaecerasus*, *Amygdalus nana*, *Spiraea crenata* и *Sp. chamaedrifolia*—оба последние растут на восточном склоне Урала (Э. Эверсман «Естественная история Оренбургского края». Оренбург, 1840). Распространены пойменные леса (по-местному—тугайные) также в Туркестане. Они состоят преимущественно из тополя—туранги (*Populus pruinosa* Schrenk), евфратского тополя [*P. euphratica* Oliv. (= *Pop. diversifolia* Schr.)]—вид замечателен разнообразием листьев, открытый Шренком и Карелиным впервые в Джунгарии (к ЮВ от озера Байкал), а также белого тополя (*P. Vachofenii* Wierz.). Весьма большие тополевые леса (из туранги) с подлеском из разных ив тянутся узкой полосой на протяжении свыше 100 км по рр. Тоджену и Мургабу (Закаспийская область); растут они также в Бухаре по Аму-Дарье, с примесью джидды (*Elaeagnus hortensis* M. B. = *E. angustifolia* L.) и облепихи (*Hippophae rhamnoides* L.). По р. Чу (Сыр-Дарьинской области, к западу от озера Балкаш) в тугаях часто встречаются крупные деревья джидды.

По поймам (тугаям) в верхней части Сыр-Дарьи (Самаркандской области) растут сплошные, непролазные заросли гребенчика (разные виды *Tamarix*) высотой до 4 м, обитаемые фазанами, дикими кабанями и барсуками. Этими зарослями покрыты также и многочисленные острова, образуемые капризными изменениями русла Сыр-Дарьи. Незначительную лишь часть пойменных зарослей (до 5%) здесь занимают насаждения из евфратского тополя высотой до 13 м, туранги (*Pop. pruinosa*) и тала (*Salix tenuifolia*) с примесью джидды и с подлеском из кустарников: чингиля (*Halimodendron argenteum*), барбариса (*Berberis turfanensis* или *B. integerrima*) и дереза (*Caragana frutescens*).

Вопрос об условиях существования степей, об их отношении к лесу и о северной их границе, представляющий собой коренной вопрос ботанической географии, до настоящего времени освещен крайне недостаточно, несмотря на то, что по степному делу имеется обширная литература, в особенности в СССР.

Неудовлетворительность освещения этого вопроса объясняется тем, что мысль русских исследователей занялась сперва происхождением чернозема и изучением его свойств и затем направилась на рассмотрение частных вопросов: были ли прежде леса в степной части СССР и о современных причинах безлесья степей.

Так как в природе существуют травяные (не болотистые и пустынные) равнины, безлесные со времени их появления, т. е. условно «ответно-безлесные», то является весьма важный вопрос о причинах, вызывающих их существование. Само собой разумеется, что при рассмотрении этого вопроса нельзя базироваться лишь на современных физико-географических условия х.

Подобно пойменным лесам, равным образом азонально по всей степной области встречаются леса на песчаных почвах. В южной половине Европейской части СССР эти леса представляют собой основные боры, которые проникают до крайних южных пределов этой области; это вполне понятно, так

как сосна по природе своей ксероморфна и, обладая климатической приспособляемостью, является большим космополитом. Она занимала на юге пески и в прежние времена, на что указывают, между прочим, окаменелые остатки ее (*P. sarmatica*), найденные проф. Андрусовым на Керченском полуострове.

В названных борах к сосне примешиваются по впадинкам пушистая береза (*Betula pubescens* Ehrh.), а южнее на несколько солонцеватых местах — осокорь; кроме того, на песках произрастают кустарники: шелюга (*Salix acutifolia*), тальник (*S. Ledebouriana* Trautv), тальник-чилик (*S. rosmarinifolia* L.), ракитник (*Cytisus biflorus*), казацкий можжевельник (*Juniperus Sabina*) и другие.

На песчаных почвах в более южных широтах (перед и за Уралом) местами сосна сменяется белым тополем, образующим большие рощи (по определению В. М. Савича, *S. Bachofenii* Wierzb).

В сибирских степях сосновые боры занимают очень длинные ленты на приречных песках в бассейнах Иртыша, Оби, Енисея и Лены, а также встречаются массивами на выходах гранитов и кварцитов как в Западной, так и в Восточной Сибири вплоть до пределов пустыни.

В области среднеазиатских пустынь, где сосна уже не растет, песчаные почвы местами заняты зарослями саксаула (*Haloxylon ammodendron*), в смеси с джиддой, или лохом (*Elaeagnus hortensis*), а также встречаются заросли кустарников: песчаной акации (*Ammodendron*), гребенчука (*Tamarix*), аютачки (*Halimodendron argenteum*), джузгуна (*Calligonum Caput medusa*), астрагалов (*Astragalus arborescens* и др.), таволги (*Spiraea*), джингила (*Tamarix elongata*) и т. д.

В Предуралье и в Западной Сибири степные кустарники встречаются сравнительно редко и по направлению к востоку почти исчезают. Из кустарников встречаются желтая акация и кизильник (*Cotoneaster nigra*). Взамен дуба в лесостепном ландшафте играет роль береза.

Среднеазиатская пустыня с солонцами приблизительно с 50° с.ш. сменяется широкой зоной каштановых почв, ограниченной с востока Алтаем и частью р. Оби, а к западу, у предгорий Южного Урала, суживаясь, переваливши по его сыртам, доходящей узкой полосой до Волги около Саратова. На этом обширнейшем пространстве расстилается гладь сперва на юге ковыльно-полынных и затем ковыльных степей, характеризующихся чрезвычайным множеством озер, как пресных, так и соленых, а также пестротой солончаковых впадин (высохших водоемов).

С переходом к северу ковыльной степи в луговую степь начинают появляться рощицы березы сначала в виде небольших островков в низинках и котловинах; по направлению к северу березовые рощицы встречаются все чаще и чаще, они становятся по своей величине более значительными и более высокими, причем рассеяны и на ровных местах среди луговой степи.

Далее к северу березники становятся более многочисленными и обширными, и, наконец, на северной границе степной области они смыкаются в сплошную зону березовых лесов, широкой полосой окаймляющую тайгу, в которую она постепенно и переходит.

Так как береза, как порода весьма светолюбивая, не дает под собой большой тени, то в березовых рощах довольно долгое время обитают степные растения, и, наоборот, представители травянистого покрова березовых рощ примешиваются в прилегающие луговые степи, придавая последним особый колорит. В фауне березовых рощ также подмешаны виды, свойственные черноземной степи.

В высшей степени характерное явление в березовой лесостепи составляет чрезвычайное обилие солонцов и озер; ни того, ни другого совершенно нет в дубовой лесостепи Европейской части СССР.

Грунтовые воды также часто бывают солончатые, а нередко даже и прямо соленые, что указывает на значительное содержание солей в почве западно-сибирских степей.

Солонцы встречаются пятнами и полосами по низменным местам, по берегам рек и озер, а также на месте высохших болот. Затем весьма характерны для природы зауральской лесостепи также заросли тростника (*Phragmites*), произрастающие как на болотах, берегах рек и озер, так и на сухих местах при близком залегании солоноватых грунтовых вод.

К востоку от Оби степные пространства в Сибири начинают все более и более суживаться и прерываться надвигающимися на них с севера и юга хвойными лесами. Чередуясь с большими массивами лесов, степи в б. Енисейской губернии простираются на востоке до бассейна Амура.

Обширные степи Забайкалья на южной своей окраине близ китайской границы переходят в пустыню Даурии, составляющую часть беспредельной монгольской пустыни.

Среди даурской пустыни, по Г. А. Струкову («Труды Агинской экспедиции», вып. IV, Г. А. Струков.—Растительный мир. СПб, 1910), на громадном плато имеется площадью в несколько десятков км<sup>2</sup> крайне редкий, вымирающий сосновый бор, под названием по-бурятски «Царик Нарасун», то есть сосновое войско; кроме того, на этом плато встречаются группы березок, кое-где заросли ерника (*Betula fruticosa*), единично кизильник (*Cotoneaster nigra*), сибирская яблоня (*Pyrus baccata*), таволга (*Spiraea thalictroides* Pall.), приземистым кустарничком (*Ulmus campestris* L. var. *pumila* Ldb.).

Севернее этого плато расстилаются громадные степные пространства, представляющие собой сперва обширную степь полынную, в которой, наряду с полынью (*A. sieveriana* и др.), преобладает родственная ей шижма (*Tanacetum sibiricum*), и затем сравнительно небольшую степь ковыльно-кипчаковую, окаймляющуюся с севера зоной луговой степи.

Полынная и ковыльная степи представляют громадные, слегка волнистые пространства, расстилающиеся в синеватой дымке до горизонта; среди них встречаются соленые озера, солончаки и белые, как скатерть, островки, покрытые солью (гуджара).

На солонцеватых почвах нередко сплошными зарослями произрастает несъедобный для скота (кроме верблюдов) ковыль (*Stipa splendens* Trin.), по-местному—дэрисун.

В ковыльной степи часто встречаются серо-зелеными пятнами заросли лапчатки (*Potentilla fruticosa* L.), по-бурятски—шур.

Что касается луговой степи, поднимающейся к северу до р. Шилки, то она непохожа на гладь южных русских или западносибирских степей, а скорее представляет лабиринт долин, полей, оврагов, холмистых гряд и отдельных гор (сонок); по ней разбросано немало соленых озер и высохших водоемов.

На северных склонах холмов и гор здесь встречаются островами смешанные леса из березы и осины с примесью даурской лиственницы (*Larix dahurica*), с подлеском из кустарников: ерник (*Betula fruticosa* Pall.), кизильник (*Cotoneaster nigra*), три вида ивы (*S. vagans* L., *S. pentandra* и *S. pyrolaefolia*), шиповник (*Rosa dahurica* и *R. acicularis*), два вида таволги (*Spiraea media* и *S. salicifolia*) и лапчатка (*Potentilla fruticosa* L.). Ерник также встречается и отдельными, почти чистыми зарослями по безлесным склонам гор и по дну долин.

Южные же склоны гор и холмов совершенно лишены древесной растительности, на них лишь кое-где встречаются кусты таволги (*Sp. thalictroides* Pall.), карликовый вяз (*U. campestris* var. *pumila* Ldb.), изредка несъедобный забайкальский персик (*Prunus sibirica*), карагана (*Caragana microphylla* Lamn.) и весьма редко хармык (*Nitraria Schoderi* L.), кустарник, столь часто встречающийся в смежной Монголии.

В северной части Забайкалья степная равнина обыкновенно прерывается безводными долинами и падами с пологими склонами.

По 12-летним наблюдениям в Нерчинске (31,5° с. ш.), среднее годовое количество осадков составляет 276 мм, из коих на вегетационный период

(май—сентябрь) приходится до 85%, т. е. зима очень малоснежная; средняя годовая температура воздуха далеко ниже нуля, а именно  $-3,6^{\circ}$ , а средняя температура вегетационного периода равняется  $+15,1^{\circ}$ .

Почва плато и склонов состоит из чернозема темно-коричневого цвета, мощностью от 50 до 60 см, который отличается от чернозема Европейской части СССР наличием в нем мелкой окатанной гальки.

Подпочва—желтый, более или менее ясно слоистый суглинок, тоже с галькой, богатый карбонатами, образующими в разрезе на желтом фоне подпочвы белые пятна и обволакивающими гальку в виде мучнистой прищипки.

Суглинок подстилается слоем чистого галечника, мощностью иногда до 70 см, залегающего в свою очередь на выветрившейся поверхности горных пород (гранита и глинистого сланца). Вскипание начинается на глубине 50 см, под самым слоем гумуса. В некоторых местах гумусовый слой лежит непосредственно на коренной породе.

По исследованиям И. Новопокровского («Ботанико-географические исследования в Нерчинском и Гатинском округах Забайкальской обл., летом 1908», Землеведение, 1912, I—II, стр. 63—79), местная степная растительность по своему габитусу и составу сходна с покровом степей юга Европейской части России, но очень много видов принадлежит и флоре чуждой южнорусским степям, причем некоторые из них являются как бы заместителями представителей наших степей: так, *Potentilla tanacetifolia* Willd. напоминает *P. recta* L., *Arenaria juncea* MB.—*A. longifolia* MB., *Clematis angustifolia* Jacd.—*C. recta* L. и т. д.

По дну долин находятся луга, обыкновенно солонцеватые, солончаки и иногда болота. Растительность солончаков состоит из *Glaux maritima* L., *Ateopis tenuiflora* Ldb., *Saussurea glomerata* Poir.

На солонцеватых болотах растут: *Ranunculus cymbalaria* Pursh., *Carex vulgaris* Fr. var. *Hordeum pratense* L., *Glaux maritima* L. В сухую погоду солончаки покрываются белыми цветками солей.

В степном районе Забайкалья деревянистая растительность почти отсутствует; незначительные перелески и заросли кустарников из *Rugos bacata* L., *Salices* sp. встречаются лишь по берегам рек, а также по обращенным на север склонам балок, где местами произрастают береза, осина, ерник (*Betula fruticosa* Pall.) и ивы (*Salix depressa* Fr., *S. viminalis* L.), причем в травяном покрове кустарника—леса на северных склонах произрастают в большом количестве также степные растения.

Переход от степи к тайге в северном Забайкалье является весьма резким; при этом почти внезапно рельеф становится очень пересеченным, состоя из невысоких гранитных хребтов и узких, причудливо ветвящихся долин, по которым шумно бегут ручьи и речки, после сильных дождей надувающиеся и выходящие из берегов.

В составе тайги на не очень пологих северных склонах преобладающую роль играет даурская лиственница (*L. dahurica* Turcz.), к которой примешаны береза и осина и кое-где на вершинах сосна. Подлесок же составляют: *Rhododendron dahuricum* L., *Alnaster fruticosus* Ldb., *Salix Caprea* L., *S. cinerea* L., *Betula fruticosa* Pall., *Rosa dahurica* Pall. и *Juniperus dahuricus* Pall., а также низкие кустарники *Vitis idaea* L., *V. uliginosum* L., *Lonicera edulix* Turcz., *Ledum palustre* L. и *Linnaea borealis* Gronov.

Как в степном районе северные склоны, как уже сказано, порой покрыты лесной флорой, так и в пограничной лесной области южные склоны безлесны, имеют черноземную почву и всегда заняты степной растительностью, в состав которой входят *Stipa capillata*, *S. sibirica* Lam., *Festuca sulcata* Hackel, *Koeleria gracilis* Pers., *Molinia squarrosa* Trin., *Agropyrum cristatum* P. V., *Nepeta lavandulacea* L., *Tanacetum sibiricum* L. и многие другие.

Если на южных склонах тайги иногда и встречаются лесонасаждения, то благодаря высокому светолюбию лиственницы степные растения в значи-

тельном числе представителей покрывают почву под лесом. Поэтому в пограничной тайге после вырубki или пожара лиственничного леса на южных склонах лесная площадь очень быстро сменяется степной растительностью.

Пологие же северные склоны тайги, а равно плоские водоразделы, верховья падей и западины на надлуговых террасах, расположенные против перевалов через хребет из одной долины в другую, заняты тундровым сообществом с полуболотной почвой, называемым ерником. Основу этого сообщества образует ерник (*Betula fruticosa* Pall.) кустарник высотой до 1,2 м, к нему примешаны ивы (*S. repens* L., *S. myrtilloides* L., *S. sibirica* Gmel., *S. pentandra* L.), затем потентилла, или курильский чай (*Potentilla fruticosa*), голубица (*Vaccinium uliginosum* L.), чумулос (*Lonicera edulis* Turcz.); травянистый покров кочкообразный и состоит из представителей сырых лугов и болот, причем промежутки между кочками заняты мхами.

В прилегающей к степи лесной области почвы на возвышенностях и склонах принадлежат к дерновым и подзолистым, за исключением южных склонов, на которых развита черноземная почва.

Крайняя континентальность климата, низкая средняя годовая температура и суровая зима северного Забайкалья накладывают на местную природу чрезвычайно своеобразный отпечаток, выражающийся, наряду со степью, в вечной мерзлоте лесной почвы, почвенном льде в долинах на глубине 1 м и меньше, в промерзании до дна рек, в ранних осенних заморозках (уже с начала августа) и в заболачивании лесной почвы на северных склонах и перевалах, где вечная почвенная мерзлота залегает близ дневной поверхности.

В высокой степени интересно, что к северу от Забайкальской области карбонатно-солончаковые почвы, наряду со степной растительностью, заходят и в Якутскую область, где они, по исследованию Г. И. Д о л е н к о, наиболее обширные площади занимают на террасах р. Лены в окрестностях Якутска (62° с. ш.) и на водоразделе между Леной и Амгой (левый приток р. Алдана), а также встречаются, по Р. И. Аболину, на водоразделе между Якутском и Вилюйском, где главный фон составлен слабоподзолистыми почвами; здесь, среди темной области, по долинам и вообще пониженным местам оазисами расположены почвы, свойственные степным районам. На р. Кемпендяе (приток Вилюя) имеется соленый ключ, который выносит чистую соль на поверхность земли.

Местонахождение солонцов и солончаков в названных местах Якутской области связано с тем фактом, что почвы здесь изобилуют карбонатами, сульфатами и хлоридами.

При наличии во многих местах Якутской области залежей известняков, гипса и поваренной соли, в связи с крайне ограниченным количеством атмосферных осадков<sup>2</sup> и вечной почвенной мерзлотой, затрудняющей просачивание влаги в почву, а также сухостью воздуха и чрезвычайно высокой температурой летнего периода, вызывающей капиллярные токи почвенной влаги, обуславливается засоление почв и даже появление на поверхности их выцветов соли. Солонцы и солончаки, окружающие соляные озера, настолько богаты солями, что почти лишены растительности или последняя представлена типичной солонцовой флорой, вроде *Suaeda maritima* и других галлофитов.

Наряду с таким далеким распространением на север степных растений вместе с ними также далеко ушел на север и обитатель степей суслик, причиняющий не меньше неприятности якутскому земледельцу, чем и любому степняку в Европейской части СССР.

<sup>1</sup> Маленькая березка ерник, В. Gmelini, по В. Сукачеву, встречается в Нерчинских степях Забайкалья (В. Н. Сукачев. Введение в учение о растительных сообществах. Петроград, 1915).

<sup>2</sup> Количество атмосферных осадков в Якутске за год в среднем равно 200—250 мм, причем за три летних месяца (май—июль) составляет 100—150 мм.

Мало того, в г. Верхоянске, лежащем на  $67^{\circ}33'$  с. ш. и  $133^{\circ}24'$  в. д. (от Гривича), где годовая температура воздуха равна  $-16,2^{\circ}$ , зима тянется 8 месяцев (с сентября по май) и является суровейшей зимой на земле, причем минимальная температура равна  $-69,8^{\circ}$ , а температура летом поднимается до  $+35^{\circ}$ , так что годовая амплитуда температуры воздуха достигает  $105^{\circ}1$ , по сообщению В. П. Ногина<sup>2</sup>, обитают суслики, или овражки (по-местному «евражки»), в таком значительном количестве, что летом их в Верхоянске больше, чем людей. Около каждой юрты находится, по крайней мере, с десяток нор этого грызуна. Много нор и на всех лужайках, отделяющих юрты друг от друга. То и дело летом раздаются их характерный писк; всюду они сидят на задних лапках, поворачивают свои головки, то приподнимаясь, то опускаясь; на зиму они забираются в норы, находящиеся недалеко от поверхности земли, и там, по уверению якутов, обращаются как бы в ледышку, твердую, как камень. Весной при первых признаках тепла оттаивают и выбегают из норы после зимней спячки. Местное население относится к овражкам с отвращением, но беднейшие якуты употребляют их в пищу.

Это имеет место в Сибири на широте Шенкурска, Петрозаводска и даже Архангельска. Итак, при исключительной континентальности климата в Восточной Сибири, в области вечной мерзлоты, нет резкой границы между степью и лесом, между черноземом и подзолистой зоной, которая интразонально получает от степи целый ряд ее элементов (чернозем, степные травы, солончаки, степные грызуны и т. д.), заходящих в такие высокие географические широты, где их крайне трудно было даже и ожидать.

В лесной области почва под лесом подзолистая. Это общее явление объясняется тем обстоятельством, что, благодаря всегда повышенной влажности верхних слоев лесной почвы, органические вещества мертвой подстилки подвергаются довольно быстрому разложению, при котором образуется кислота, главным образом креновая кислота. Эта кислота, как сильный реактив, немедленно по своему образованию растворяет в почве окиси железа, алюминия, фосфора и других металлов и уносит их в более глубокие горизонты, причем в верхнем почвенном слое остается лишь подзол, то есть аморфный кремнезем с песчинками кварца, по своему цвету и консистенции напоминающий золу, а вынесенные из этого слоя окислы металлов, путем восстановительного процесса, в горизонте с недостаточной аэрацией отлагаются в форме нерастворимых апокренатов, цементировывающих при этом частицы почвы, образуя ортштейн.

При заселении же леса в черноземной степи, ввиду того что лесная подстилка, как защищенная пологом леса от быстрого высыхания, находится в условиях, благоприятных для разложения, и потому не дает накопления перегноя, как степная растительность, происходят последовательные изменения чернозема, называемые деградацией, в результате которых образуются особого характера почвы, составляющие в почвоведении отдельную категорию «серых лесных почв».

Эти изменения состоят главным образом из пяти почвенных процессов:

- 1) обеднение почвы гумусом.
- 2) подзолообразование;
- 3) создание ореховатой структуры почвы;
- 4) отложение охры в подпочве;
- 5) выщелачивание из почвы—грунта легкорастворимых минеральных солей, уносимых затем грунтовыми водами.

Повышенная влажность поверхностных слоев почвы под лесом вызывает энергичное разложение гумуса, при котором разлагаются не только лесной перегной, но и накопленные веками запасы степного гумуса; поэтому слой

<sup>1</sup> Проф. А. В. К л о с с о в с к и й. Основы метеорологии, стр. 106.

<sup>2</sup> В. П. Н о г и н. На полюсе холода, 2-е изд., М., 1923, стр. 47 и 58.

чернозема мало-помалу начинает бледнеть и становится более тонким вследствие распада гумуса с нижней стороны черноземного слоя.

Процесс деградации чернозема протекает весьма медленно и находится в зависимости от характера и состава леса, а также от степени мелкозернистости почвы—грунта, обуславливающей ту или иную скорость просачивания воды.

Лабораторным исследованием, путем смачивания через каждые 2—3 дня образца чернозема, покрытого слоем древесных листьев, проф. Костычеву удалось искусственно деградировать чернозем, обратив его за 3 года в серую почву с 2,5% гумуса, взамен первоначальных 8,5%, что дало представление о процессе, протекающем в природе.

Затем, наряду с процессом деградации, образующаяся креновая кислота обуславливает оподзоливание горизонта, на котором расположен поверхностный гумусовый слой с лесной подстилкой (А). Этот серый горизонт сверху бесструктурный, а внизу слегка еще зернистый, постепенно отщепляясь, выделяется, наконец, в самостоятельный слой (В).

Под ним находится окрашенный гумусом слой с весьма типичной ореховой структурой (В<sup>2</sup>); в верхней своей части он состоит из комочков или многогранников (орешков), на стенках которых замечаются слабые следы обсыпки аморфным кремнеземом (кремнеземом оподзоливания). По мере углубления комочки становятся все более и более крупными и плотными с обильной мучнистой обсыпкой.

Каким именно путем корневая система древесной растительности, и притом только она одна, вызывает образование отдельностей почвы, до сих пор еще не выяснено. Раз отдельности уже образовались, то ореховатость их строения может быть объяснена сжатием получившихся отдельностей от периферии к центру при усиленном дренировании почвы древесными корнями в летнее время.

Как бы там ни было, ореховатый слой почвы постепенно переходит в подпочву, состоящую из лёсса, лёссовидного суглинка или иной лёссовидной породы (С), причем в верхней части подпочвы нередко также наблюдаются крупные отдельности в виде кубиков и глыбок с обсыпкой подзолистой мукой, достигающие иногда величины кулака.

В подпочве проходят вертикальные трещины с блестящей в свежем виде поверхностью. Это водяные трещины, по которым просачивается вглубь влага; при промачивании почвы затекающая в них вода обмывает их, придавая блеск, а вмываемые органические вещества образуют более или менее резкий черный налет, спускающийся по трещинам до глубины 1,8—2 м. На стенках этих трещин местами наблюдаются отпечатки густой сети корневых волосков. Кроме этих трещин, попадаются обильные вертикальные, слегка извилистые и иногда немного скошенные ходы диаметром 6—7 мм, сделанные дождевыми червями.

Для аэрации и водопроницаемости грунта особенно важную роль играет найденный Г. Н. Высоцким в Велико-Анадоле крупный вид дождевых червей—*Dendrohaena (Allolobophora) mariupoliensis* Wyss., проделывающих свои ходы на глубину 8 м и глубже. Ходы эти или заполнены черноземным веществом, представляющим собой извержения этого червя, или открытые, с гладкими стенками, обмазанными, точно черной штукатуркой, извержениями червя, причем эта обмазка предохраняет ходы от затекания в них воды при промокании почвы.

По наблюдениям Г. Н. Высоцкого<sup>1</sup> в Велико-Анадоле Мариупольского уезда б. Екатеринославской губернии, среднее число ходов *Dendrohaena mariupoliensis* Wyss. на разных глубинах от дневной поверхности, приходящаяся на 1 м<sup>2</sup> горизонтального разреза, составляет:

<sup>1</sup> Г. Н. В ы с о ц к и й. Гидрологические и геобиологические наблюдения в Велико-Анадоле. «Почвоведение», 1899, № 2, стр. 87.

Глубина (м)	Всех ясно заметных ходов	Из них со свобод- ным отверстием	С проходящими по ним корнями
1	525	100	80
2	400	150	90
3	350	170	75
4	320	150	50
5	240	110	35
6	160	60	15
7	130	30	5
8	110	15	1

Как видно, количество ходов, по мере углубления, довольно быстро убывает.

При весенней штыковке почвы количество разных видов дождевых червей, приходящееся на 4,5 м<sup>2</sup>, колеблется от 25 до 94 шт.

Дождевые черви являются важными агентами в жизни почвы и улучшении ее физического строения, особенно верхнего слоя А; камерки их ходов в горизонте, по-видимому, служат со временем полостями для образования секреторных выделений СаСО<sub>3</sub>, скопления которых характеризуют горизонт журавчиков, залегающий на глубине почвы в 0,85 м.

Начиная с 1,5—2 м глубины почти единственными проводниками корней растений в глубь степной почвы на юге СССР служат ходы *Dendrohaena mariupoliensis*, причем в одном ходе располагается по нескольку древесных корней, и число последних, по мере углубления, увеличивается до 5—8 шт. на глубине 3—4 м.

Кроме ходов дождевых червей, подпочва на известную глубину пронизана по всем направлениям мелкими (до 1 мм диам.) корневыми ходами с более или менее темными от органических остатков стенками. Проходя по ходам дождевых червей до более влажных слоев, древесные корни способны проникать глубже уже совершенно самостоятельно; при этом наиболее мелкие из ходов (каналцев) корней в Велико-Анадоле иногда встречаются на глубине 13 м.

На некоторой глубине (1,3—2,0 м) в грунте виден горизонт с охристыми пятнами (D), образующимися следующим образом. Вымываемая из верхних слоев почвы креновой кислотой полуторная окись железа, при анаэробном разложении органических веществ (т. е. при отсутствии кислорода, израсходованного на окисление этих веществ), отдавая часть своего кислорода, переходит в закись; последняя, как известно, в соединении с углекислотой легко растворяется в воде; часть этой закиси затем вымывается из почвы и выносится грунтовыми водами; другая же часть закиси железа, при высыхании верхних слоев почвы—грунта, поднимается вверх с восходящей влагой и по пути, местами встречаясь с проникающей азрацией, окисляется и образует охристые скопления в виде разбросанных пятен; в иных же случаях образует даже сплошной охристый пояс.

Уже в горизонтах С и D замечается некоторая оглеенность стенок водяных трещин, а также наблюдается образование чистого глея, слоем до 5—6 мм, вокруг корневых ходов, содержащих в себе черное гумозное вещество от разложившихся корешков, благодаря чему на вертикальном разрезе подпочвы видны серые глеевые полосы с черноватыми черточками гумозного вещества вдоль середины, а на горизонтальном разрезе—глеевые кружочки до сантиметра диаметром с черной точкой в центре каждого из них.

Ниже же горизонта D вышеупомянутые вертикальные полосы глея сливаются в сплошной глеевый слой (Е), залегающий над уровнем грунтовых вод.

В связи с повышенной влажностью верхних слоев почвы под лесом находится также выщелачивание из почвы—грунта и углекислой извести



и частью других солей. Горизонт вскипания с 10% раствором HCl под лесом всегда оказывается гораздо ниже, чем в соседней степи. В северной части лесостепи, то есть близ лесной области, углекислая известь местами (напр. нередко в Тульских засеках) совершенно вымыта из грунта.

Горизонт вскипания под лесом опускается довольно быстро. Так, в б. Воронежской губернии на Каменно-Степной опытной сельскохозяйственной станции имени проф. В. В. Докучаева, по исследованиям в 1923 г. проф. почвоведом А. Н. Соколовским установлено, что на полосе 20-летнего леса, шириной 85 м, глубина вскипания составляет 99 см, а на залежи степи—только 61 см, то есть выше на 38 см, причем на полосе толщина черноземного слоя составляет до 50 см, а на залежи до 105 см.

На 85-метровой полосе разведенного леса по зимам наносится юго-восточными ветрами масса снега.

Затем на полосе 27-летнего леса, шириной в 53 м, горизонт вскипания начинается на глубине 86 см, а на старой пахоте он составляет до 72—73 см, т. е. выше на 13 см. На этой полосе зимний нанос снега сравнительно незначителен, так как эта полоса расположена к северо-западу от остальных разведенных полос, задерживающих снег.

Для полноты характеристики можно добавить, что во всех вышеупомянутых горизонтах почвы и грунта встречаются круглые эллипсоидные или неправильной формы пятна, так называемые «кротовины», представляющие собой ходы роющих степных животных, заполненные веществом, обыкновенно отличающимся от окружающей массы подпочвы или почвы более темной окраской.

Кротовины встречаются до глубины 2,7—3,0 м; очень часто они идут совершенно отвесно, а затем принимают горизонтальное направление. По массовым измерениям В. Н. Сукачева<sup>1</sup>, диаметр их в различных ходах колеблется от 4 до 12 см, составляя в среднем 8 см, причем в одной и той же кротовине на всем ее протяжении диаметр остается неизменным, с тем лишь ограничением, что отвесно идущая кротовина бывает приблизительно на 1 см уже против горизонтальной ее ветви.

Различие ходов зависит от тех видов животных, которым они принадлежат.

Так, живший некогда в значительном количестве сурок, или байбак (*Arctomys Bobas*), роет нору диаметром 18—21 см и спальную камеру 18—31 см<sup>2</sup>, суслик (*Citellus guttatus*) имеет нору 4—7 см диаметром и спальную камеру 13—22 см<sup>3</sup>, слепец (*Spalax typhlus*) делает нору 8—11 см диаметром и спальную камеру 18—28 см диаметром, хомяк (*Cricetus frumentarius*) тоже имеет нору 8—12 см диаметром. Слепец роет как совершенно вертикальные глубокие ходы, так и горизонтальные туннели.

Местами почва и грунт изборождены большей частью заполненными ходами животных землероев, оказывающих большое влияние на структуру почвы и грунта и ее физические свойства, а также и на жизнедеятельность растительности.

<sup>1</sup> В. Н. Сукачев. К вопросу о кротовинах. «Почвоведение», 1902, № 4, стр. 397—423 (с рис.).

<sup>2</sup> Байбак считается проф. Нерингом и многими другими учеными, в том числе Г. И. Танфильевым, за чисто степное животное. Между тем, по сообщению путешественника в 1895 г. по Алтаю М. Соболева, в ущелье высочайшей в Алтайском крае гор. Белухи, откуда выходят истоки р. Катунь—приток Оби, в полуверсте от Катунского ледника, среди обломков и осыпей гранита, кварца и других горных пород живут байбаки. Самый исток р. Катунь, выходящей из-под ледника, лежит на высоте 2395 м над уровнем моря. Вот тебе и степное животное!

<sup>3</sup> Волга является в Европейской части СССР границей распространения различных видов суслика. На запад от Волги распространены суслики *Citellus guttatus* Tem. и *C. muscus* M., а на востоке *Citellus mugovarius* L. и *C. rufescens* Wagn. Это явление обусловлено необходимостью для суслика р. Волги, как преграды: Волга замерзает в то время, когда суслики уже погружены в зимнюю спячку.

Наиболее часто в степных почвах встречаются слепцовые ходы, или слепчины. Слепчины обыкновенно заполнены черноземом в смеси с подпочвенной землей, а в более мелких из них (до глубины 0,9 м) забивка состоит преимущественно из чернозема. Глубина ходов составляет до 3,5 м, а иногда достигает 4,5 м от дневной поверхности.

При ближайшем рассмотрении массы, заполняющей более глубокие слепчины, видно, что она состоит частью из крупинок, вполне соответствующих окружающему грунту, а частью из темных крупинок, приближающихся по цвету и размерам к почве, но никогда ни в глубоких, ни в мелких слепчинах не находили в этой массе подзолистой обсыпки; это говорит, что образование и заполнение слепцовых ходов имело место еще до времени заселения леса.

В наиболее древних слепчинах окраины их поперечного разреза переходят в грунт, постепенно ступенькаясь, т. е. не образуя резкого контура; набивка их очень плотная; водяные трещины и мелкие корневые ходы пронизывают на своем пути слепчины, несколько не изменяя своего характера, строения и направления.

По исследованиям А. А. Силантьева, одни лишь сурки (или байбаки) никогда не встречаются в самом лесу<sup>1</sup>, а остальные же наши так называемые степные животные, как слепцы, барсуки и хомяки, роют норы и в лесу, пользуясь маленькими полянами леса, а то и прямо селятся в самом лесу. Поэтому, вопреки взгляду В. В. Докучаева<sup>2</sup>, нужно признать, что «кротовины» ни в каком случае не могут играть роли доказательства ответного безлесия степей.

Таковы в главных чертах те отпечатки, какие накладывает на чернозем произрастание на нем лесной растительности. Давность заселения леса на черноземе оказывает свое более или менее сильное влияние на характер почвы—грунта.

Чем древнее заселился лес на данной почве, тем беднее она гумусом, тем более оподзолена, тем сильнее и на большую глубину выщелочен грунт и тем больше развит охристый горизонт. Другими словами, степень деградации и оподзоления чернозема соответствует древности самооблесения той или иной почвы.

При продолжительном воздействии леса на степную почву подзолистый горизонт В, резко выделяясь, приобретает большую мощность за счет подлежащего слоя, ореховатый же горизонт В, наоборот, суживается, начиная сверху, откуда заходят в него подзолистые карманы, затеки, которые, углубляясь, местами прерывают этот горизонт почти на всю толщину; кроме того, сильно увеличивается и подзолистая обсыпка на отдельностях, вследствие начавшегося подзолообразования в самих орешинах по направлению от периферии их к центру; некоторые же орешины уже почти вполне оподзолены. В конечном результате от очень долгого воздействия леса значительнейшая часть ореховатого горизонта может перейти в подзол, за исключением лишь отдельных темных пятен.

Наличность ореховатого слоя (гор. В) в почве является типичным признаком для особого типа почв, известного в почвоведении под названием «серые лесные земли» («лесные земли»—по Сибирцеву, «лесные почвы»—по Коржинскому и «ореховатые почвы»—по Докучаеву).

При полном же отсутствии этого характерного ореховатого слоя данная почва переходит в категорию подзолистых почв. Следовательно, серые лесные земли служат связующим звеном между столь несхожими типами почв, как черноземы и подзолы.

<sup>1</sup> Фауна падов. Из естественноисторического очерка имени В. А. Нарышкина, СПб, 1894, и другие работы А. А. Силантьева.

<sup>2</sup> Русский чернозем. СПб, 1883. «Методы исследования вопроса, были ли леса в южной степной России». Труды Вольного экономического общества, 1889, № 1, и другие статьи его.

В степных лесах мы находим большое разнообразие почв в отношении степени деградации чернозема, оподзоленности почвы и выщелоченности грунта. В этом разнообразии представляются все переходные этапы изменения почвы между черноземом и серой лесной землей.

Нередко почва, занятая лесом, представляет почти настоящий степной чернозем, верхний слой которого лишь сделался бледнее; в другом месте этот слой стал еще бледнее, и на черноземных комочках ореховатого горизонта слегка появляется белая подзолистая пыль; в ином месте почва уже имеет развитый подзол, но сохранила еще внутри гумус.

Затем встречаются почвы, у которых в верхней части ореховатого горизонта все комочки совершенно окутаны подзолистым веществом и лишь внутри их едва заметны следы чернозема. Наконец, попадаются почвы, представляющие типичный с виду подзол, но в подпочве наблюдаются местами такие же перегнойные подтеки, как под черноземом.

Отпечатки, накладываемые древесным сообществом на степную почву, сохраняются и тогда, когда после срубки леса почва расчищена и обращена под пашню.

Отличия серых лесных земель от чернозема настолько характерны, несмотря на давность расчистки их под распашки, настолько сохраняются, что по территориальному распространению этих земель в степях можно восстановить районы бывших степных лесов.

Восстановление степных лесов по этому почвенному методу было указано проф. В. В. Докучаевым и применено им на деле при естественноисторическом исследовании б. Полтавской губернии, где оказались для трех уездов следующие результаты относительно площади лесов от общей площади уезда (‰):

	Площадь лесов	
	бывших	наличных
б. Полтавский уезд . . . . .	34	7
» Роменский » . . . . .	28	9
» Лубенский » . . . . .	30	4

На рассмотренных серых лесных почвах произрастают леса «чернолесного типа», в которых преобладает дуб с примесью ясеня, липы, березы, осины, ильмовых, кленовых, яблони и груши; за Днпром, сверх того, с примесью граба, в б. Привислянье—бука с подлеском из многих кустарников, каковы: лещины, бересклет, жостер, свидина, боярышник, вишенник, бобовник, береза, раkitник и др.

Но, по указанию акад. Коржинского, эти почвы могут образоваться из чернозема также и при участии хвойных лесов на северо-востоке Европейской части СССР.

Серые лесные почвы в степной области встречаются пятнами, неширокими лентами и островами, приуроченными, в особенности на возвышенностях, к склонам речных долин и к склонам оврагов; нередко же они встречаются и на высоких водоразделах.

Больше всего их имеется в бассейнах Днепра, Днестра и Камы.

Затем, как естественный переход от степных черноземных почв к подзолистым лесной области, весьма типичны серые лесные земли, которые, окаймляя с севера степную область Европейской части СССР, тянутся довольно правильной полосой через б. губернии: Пермскую, Уфимскую, южные половины б. Вятской, Казанской, Нижегородской и Рязанской, северные половины б. Тульской, Орловской, Черниговской, Киевской и Волынской.

Эта полоса сравнительно неширока, имея поперечник с С. на Ю. около 100—200 и иногда 300 км, с очень извилистым очертанием; зона этих почв,

очевидно, была когда-то покрыта степной травянистой растительностью, а затем завоевана дубравным лесом, который за многие тысячелетия преобразовал бывший здесь чернозем в типичную серую почву, в которой с довольно значительной глубины грунт вскипает при обливании кислотой, т. е. в нем замечается присутствие углекислой извести. В этой зоне некогда преобладали дубовые леса, а на северо-востоке Европейской части СССР встречались также и хвойные леса.

По Танфильеву, это полоса древних и доисторических степей. Следовательно, генетическая связь, при участии леса, между типами почв черноземных и подзолистых вполне подтверждается существованием в Европейской части особой географической полосы серых лесных почв, окаймляющих с севера черноземную область.

Наконец, и к северу от этой зоны доисторических степей уже среди чисто лесной области встречаются типичные лесные суглинки в виде отдельных островов, которые некогда были степью, а затем заняты лесной растительностью.

Как в степную область леса далеко вдаются отдельными массивами и рассеяны по степи то крупными, то мелкими островами, так, с другой стороны, и среди лесной области Европейской части СССР далеко встречаются изолированные степные участки с черноземовидной почвой и с подпочвой современной черноземной степи, участки, окаймленные дубовыми лесами или остатками этих лесов, например около Овручи (б. Волинской губернии), близ Мозыря (б. Минской губернии), у Рославля (б. Смоленской губернии), под Суздалью и Вязниками (б. Владимирской губернии), а также под Кунгуром и Красноуфимском (б. Пермской губернии), где, однако, степные участки окаймлены березниками; здесь этой особенностью картинно выражается преддверие Западной Сибири, в которой в самооблесении степи, за отсутствием дуба, роль его исполняет береза.

Современное распределение леса и степи есть результат долговременной борьбы за существование (в частности, за влагу) травянистой и древесной растительности, бывшей еще задолго до появления человека. Карты лесостепной и степной области СССР и Северной Америки, с их капризными контурами лесной растительности, как пограничной, так и вкрапленной среди степей и пустынь, дают некоторое представление о перипетиях длительной борьбы травянистой и древесной формаций.

Близ северной границы лесостепи у нас наблюдается постоянное чередование степных пространств с лиственными лесами, причем ни в характере почвы, ни в рельефе места, ни тем более в наличных климатических условиях не представляется возможным определить причину, почему данный участок занят лесом, а не степью. Для освещения этих вопросов, помимо современных данных, должны быть приняты в руководство эволюция растительности и геологические условия страны, хотя бы со времени плиоцена.

Как известно, суша не раз погружалась в морские бездны, и наоборот, дно морское превращалось в сушу, кроме того, на огромном пространстве вся флора уничтожалась ледяным покровом и движением этого покрова. Так как уничтожение и возникновение растительности имело место в различных частях земной поверхности и происходило в различные геологические эпохи, то современная флора распределена растительными областями не синхронистическими по своему возникновению, а потому эти области неодинаковы по степени своего развития.

Значительное пространство, лишенное растительности, например дно усохшего моря, при данном сочетании гидрометеоров, с течением времени подлежит глубоким изменениям в отношении климата, физико-химических свойств почвы и рельефа.

Выпадающие на голую поверхность атмосферные осадки частью поверхностно стекают, частью проникают вглубь; значительнейшая же масса их возвращается обратно в атмосферу за отсутствием какой-либо защиты

поверхности земли от излишнего нагревания; поэтому поверхностный слой земли, в котором развиваются корни растений, иссушается весьма быстро. Раскаленная голая поверхность земли весьма неблагоприятна и в отношении выпадения осадков. По мере же появления растительного покрова, связанного с изменением лучеиспускания земли и восходящих воздушных токов, поступление атмосферных осадков увеличивается с образованием осадков в виде росы на растениях, и обеспечивается большая равномерность распределения зимних осадков.

Увеличение растительного покрова неизбежно вызывает ускорение круговорота воды между землей и атмосферой и, следовательно, более частое выпадение влаги.

Что касается почвы, то вновь возникшая суша еще не имеет последней. Лишь по мере заселения территории растениями и животными и размножения почвенных микроорганизмов начинаются почвообразовательные процессы. Прежде всего вымываются из поверхностных горизонтов легкорастворимые соли, вредные для большинства растений; затем в этих горизонтах происходит накопление гумуса и создается структура почвы, благоприятная для развития растительности.

Далее, с размножением животных-землероев, начиная с черных муравьев и дождевых червей и кончая грызунами (слепцами), улучшаются аэрация и промачивание почвы и грунта, и деятельность этих животных, пронизывающих своими ходами землю на глубину до 9 м, оказывает большое влияние на структуру почвы и грунта.

Затем периодическое промерзание, высыхание и разбухание земли также накладывают большой отпечаток на строение как почвы, так и грунта.

Наконец, поверхностно стекающими водами создается рельеф. С превращением равнины бывшего морского дна в пересеченную территорию чрезвычайно сильно и резко изменяются гидростатические условия последней. Обедняя влагой одни места и обогащая ею другие, рельеф создает совершенно различные условия водного режима на самых коротких расстояниях, а вместе с тем получается разнообразие почвенных и растительных условий местности.

Выдуванием и смыванием на склонах самых мелких почвенных частиц образуются почвы крупнозернистые с иным водным режимом, обеспечивающие заселение их иным растительным покровом по сравнению с почвами мелкозернистыми.

Наряду с тем и растительность сама по себе не представляет собой постоянные, неизменные формы, а естественно развивается по своим особым законам, давая новые формы и виды, более приспособленные к среде, а также совершается и эмиграция растений, ввиду чего изменяется и ход борьбы за существование между растительными формациями, и в результате происходит смена одной формации другой, в социальном отношении более сильной и совершенной.

Пустыня—степь—лес представляют собой три звена в эволюционной цепи, три стадии прогрессивного развития растительности на каждом участке земли.

Итак, возраст страны накладывает глубокий отпечаток на почву, рельеф и растительный покров. Стоя на эволюционной точке зрения, представляется несомненным, что при рассмотрении территориального распределения растительных сообществ должно быть принято во внимание время, как фактор развития растительной жизни.

Таким образом, для понимания современного распределения лесов и безлесных травяных пространств необходимо знать те законы, по которым происходит в большом масштабе заселение и развитие растительности на голой земле, освободившейся из-под вод морских или из-под толщ ледника.

На юге Европейской части СССР узкой полосой тянется дно бывшего в плиоценовый период Понтического моря, затопленное затем на большом

своем протяжении в ледниковую эпоху тальми водами Скандинавского ледника, дно, которое превратилось в современные причерноморские степи.

Остановимся вкратце на истории этой суши.

С наступлением плиоцена образовалось затопившее почти весь юг Понтического море, среди которого выступал длинный островок—Крымские горы. Северная граница этого моря, на всем его протяжении от Бессарабии до низовьев Дона, почти совпадает с изогипсой в 120 м основного рельефа, через Манычский пролив оно соединялось с Каспием.

Это неглубокое море, по крайней мере у берегов, замерзало зимой, что говорит о довольно значительных зимних холодах в южной части СССР в начале плиоценовой эпохи.

Понтическое море оставило по себе в верхних слоях отложения желтого ракушечного известняка под названием понтического, употребляющегося теперь для построек почти по всему Черноморскому побережью, в частности в Крыму, и залегающего во многих местах близ дневной поверхности, лишь прикрываясь континентальными глинистыми и песчаными породами.

Так как толща этого известняка на водоразделах достигает 50 м, то дно Понтического моря здесь находится примерно на высоте 70 м над уровнем теперешнего Черного моря.

В средне-плиоценовое время Понтическое море, усыхая, превратилось в бассейн (Киммерийский), занимавший площадь меньше нынешнего Черного моря и совершенно обособленный от Каспия, вплоть до конца плиоцена.

В конце плиоцена этот бассейн соединялся с Мраморным морем, откуда, по мнению геолога Андрусова, по Босфоро-Дарданельской реке текла в него вода.

В начале четвертичного периода, когда с севера стал надвигаться великий Скандинавский ледник, в бассейне среднего течения Днепра обширные площади почти сплошь покрылись озерами и болотами, которые вдоль левого бережья Днепра спускались к югу до нынешнего Днепропетровска. Одновременно с тем образовались озера и болота также и в бассейне Дона, в той низменной его части, куда позднее распространилось юго-восточное крыло ледника.

Вместе с тем все южные реки стали полноводны. От притока массы ледниковых вод как из южнорусских рек, так и из Дуная, верховья которого (Enns, Inn, Isar и др.) принимали талые воды альпийских глетчеров, Киммерийский бассейн поднялся, по мнению Л. С. Берга, на 54 м выше уровня нынешнего Черного моря, т. е. лишь на 16 м не дошел до берегов бывшего Понтического моря.

С исчезновением ледникового покрова, ввиду наступившего сухого континентального климата в северном полушарии, черноморский бассейн сократился в своих размерах, и во время самого низкого своего стояния уровень его, по исследованию геолога Н. А. Соколова, был, по крайней мере, на 30 м ниже океанского<sup>1</sup>.

Во время низкого стояния этого уровня, вследствие крупных тектонических процессов, Босфоро-Дарданельская река превратилась в пролив, и затоплением Эгейды образовалось на месте этой суши Эгейское море.

По образовавшемуся проливу в черноморский бассейн быстро проникли соленые воды Средиземного моря, и уровень бассейна поднялся до океанского.

Это превращение Черноморья в провинцию Средиземного моря произошло, по мнению Н. А. Соколова, в довольно позднюю эпоху послетретичного периода, вероятно, во вторую межледниковую эпоху. На суше в причерноморской полосе послетретичными отложениями являются сперва слоистые пески, преимущественно речного образования, которые тянутся вдоль Азов-

<sup>1</sup> Н. А. Соколов. К истории причерноморских степей с конца третичного периода. «Почвоведение», 1904, № 2 и 3.

ского моря на восток к низовьям Маныча; в них найдены под Тагагрозом остатки слона, а в низовьях Дуная—череп верблюда—типичного представителя степной фауны. По времени своего образования эти песчаные отложения соответствуют лежащим под валунным суглинком пресноводным отложениям в бассейне среднего течения Днепра, т. е. они одновременны первому оледенению на севере и частью принадлежат к доледниковой эпохе.

Слоистые пески по своем отложении подвергались сильному размыву, пока они не покрылись толщей неслоистой красно-бурой глины и частью суглинка.

Эта красно-бурая глина на границе распространения ледника в б. Херсонской и Полтавской губерниях замещается в горизонтальном направлении валунным суглинком, в который она переходит совершенно незаметно.

Как валунный суглинок, так и замещающая его красно-бурая глина покрываются лёссом и подстилаются пресноводными отложениями.

Вопрос о происхождении неслоистой красно-бурой глины до сих пор не выяснен. Н. А. Соколов, отрицая возможность как морского происхождения, так и отложения из ледниковой мути, присоединяется к взгляду на нее, как на материковое образование субаэрального происхождения. Горнокаменные породы, в том числе известняк и мергели понтического и сарматского ярусов, в сухом континентальном климате, подобном южной части СССР, при содействии растительной и животной жизни преобразуются на месте, в конце концов, в красно-бурую глину; гнейс превращается в однородную красно-бурую глину, как обнаружено при шурфовании Г. Н. Высоцким; граниты и другие кристаллические породы в южной части СССР можно наблюдать на обнажениях в различных стадиях перехода их в красно-бурый суглинок.

Наряду с этим преобразованием пород на месте, шло также и перемещение образовавшейся красно-бурой глины с возвышенных мест в понижения атмосферными водами и действием ветра, благодаря чему эта глина местами выровняла прежде бывший рельеф.

Время образования красно-бурой глины совпадает с эпохой наибольшего распространения к югу ледникового покрова (2-е оледенение), а отчасти и с предшествовавшей (т. е. 1-е оледенение).

Такова геологическая история этой суши, узкой полосой окаймляющей юг Европейской части СССР.

Южная граница в Европейской части СССР степных лесов, т. е. лесов не связанных с растительностью пойм и речных долин, очень точно совпадает с северной границей Понтического моря, следуя за всеми ее изгибами, а эта граница в свою очередь, как уже сказано, совпадает с изогипсой в 120 основного рельефа.

К югу от этой предельной линии расстилается гладь совершенно безлесная причерноморских степей, сперва ковыльных, южнее—полянно-типчковых и, наконец, полянных, занимающих преобразованное и прикрытое послетретичными отложениями дно Понтического моря полосой, обнажившейся к концу третичного периода.

Только в восточной части б. Херсонской губернии эти безлесные степи несколько переходят к северу за берег Понтического моря.

Заросли же степных кустарников в северной (ковыльной) части причерноморских степей, как ранее всего освободившейся из-под морских вод, уже успели заселиться в подах открытой степи, образуя преимущественно терновники (*Prunus spinosa* var. *dasyphylla*) с примесью бобовника (*Amygdalu папа*) и приземистого шиповника (*Rosa rumila*), а также и дерезники (*Carygana frutescens*); кое-где на открытых степях встречается ракитник (*Cytisus austriacus*).

Степная же вишня (*Prunus chamaecerasus*), типичнейший кустарник лесостепи, в подах здесь никогда не растет, придерживаясь зарослей и

склонам балок, где предпочитает селиться также и бобовник (*Amygdalus nana*)<sup>1</sup>.

Итак, причерноморские степи заняли преобразованное и прикрытое послетретичными отложениями дно Понтического моря, простиравшегося к западу до Дунайской низменности, а к востоку—вдоль Манычской котловины до устья р. Кумы, упираясь в древний берег Каспия.

Солончаки и соленые озера, особенно обильные на южной их окраине и, в частности, в заволжской части этих степей, как позднее всего освободившейся из-под моря, представляют собой не что иное, как остатки или свежие следы прошлого существования этого моря.

Само собой разумеется, что со времени своего образования эти степи всегда были совершенно безлесны, как и поныне, т. е. вот уже примерно 12 тыс. лет.

Древесная растительность, медленно двигавшаяся в послеледниковый период из более северных широт, еще и по настоящее время не дошла вполне до этих степей, а местами не достигла даже и до берега еще более древнего Сарматского моря.

Это обстоятельство говорит прежде всего о том, что расселение дуба, у которого семенная возмужалость наступает в позднем возрасте, плодоношение повторяется лишь через 5—6 лет и желуди осыпаются только под самым материнским деревом, совершается в природе чрезвычайно медленно, тем более что при распространении на юг, как в данном случае, ему не могли оказывать содействие сойки, голуби и другие птицы. Немалой помехой этому расселению, вероятно, служит также и тот факт, что причерноморские степи сравнительно рано выступили на сцену исторической жизни, полной бурных военных событий, как свидетельствуют греческие историки, начиная с Геродота, причем человек вырубкой деревьев, пастьбой скота и палами степи затруднял естественный ход самооблесения, хотя сама по себе среда (почва и климат) местами достигла такого состояния, которое обеспечивало, удовлетворительное развитие дубовых рощиц.

Таким образом, поступательное движение леса идет чрезвычайно медленно, и совершенно прав И. Пачоский, специально изучавший причерноморские степи, говоря, что даже и при благоприятных условиях скорость этого движения «настолько незначительна, что значение времени в вопросе о превращении травяных сообществ в лесные занимает весьма видное место»<sup>2</sup>.

Итак, отсутствие дубовых лесов в причерноморских степях объясняется главным образом лишь тем, что за краткостью истекшего времени они еще не успели дойти до этой территории. При дальнейшем движении на юг в результате леса сменили бы собой травяную растительность названных степей.

Мы рассмотрели весьма узкую полосу широтного направления, окруженную с юга морем, а с севера древней сушей, настолько узкую, что как континент она лишена самостоятельного значения.

Остановимся на другой, выраженной в несравненно большем размере, голой земле из-под постплиоценового Арало-Каспийского бассейна, т. е.

<sup>1</sup> Нелишне отметить, что в третичное же время, но гораздо раньше плиоцена, а именно в миоценовую эпоху, на месте Понтического моря существовало внутреннее море—Сарматское, которое дало мощные отложения сарматского известняка, отделяющегося от понтического мезотическими пластами. Это море было немного больше Понтического, так что северный берег его в общем проходил несколько выше Понтического и лишь в западной части б. Херсонской губернии, примерно от г. Балты, он круто отходил на север по направлению к Новоград-Волынску.

В Сарматское время на месте южнорусских степей также уже были степи и местами произрастали дубы, клены и каштаны, а по берегам Сарматского моря, как свидетельствуют ископаемые остатки, бродили слоны, жирафы, носороги и стада гиппарионов, предков лошади; в общем ландшафт этого побережья напоминал нынешний Судан, лежащий южнее Сахары.

<sup>2</sup> И. П а ч о с к и й. 1) Причерноморские степи. Ботанико-географический очерк. Записки Общества сел. хоз. Южной России, 1908, № 7, 8 и 9; 2) Основные черты флоры Юго-Западной России, Херсон, 1910, стр. 286.



обнажившейся также в недавнее время, когда этот бассейн, после окончания разлива ледниковых вод, вошел в свои берега.

В начале четвертичной эпохи, с надвиганием с севера Скандинавского ледника, Каспий, одновременно с Черным морем, широко разлился, соединившись Узбойским проливом с Аральским морем в один Арало-Каспийский бассейн, который протянулся в Европейской части СССР вдоль левобережья Волги, по мнению одних ученых, до Вольска, а других—далеко на север до устья Камы и вдоль по долине этой реки и ее притока р. Белой почти до г. Бирска (до р. Тапын); южнее же Царицына западный берег соприкасался с Ергенями, затем проходил к Парасковее на Куме, к Моздоку на Тереке и, круто поворотив к Петровску, шел вдоль восточных склонов Кавказского хребта к низовьям р. Куры с Араксом.

За Уралом, обогнув Общий Сырт, водная гладь бассейна залила обширнейшее пространство западносибирской равнины далеко на север. Относительно дальности распространения на восток и на юг Аральского моря точных сведений не имеется. По Мушкегову (Туркестан, т. I), после третичной эпохи Туркестан вместе с прилегающим с востока Хан-Хаем (Монголия) был покрыт огромным морем, в котором, после начала его высыхания, произошло разделение на восточную часть (Туркестанское море) и западную часть (Ханхайское море), соединявшиеся между собой проливами Джунгарским и более южным Таримским. Это разделение на два моря произошло после третичной эпохи, вследствие поднятия, по крайней мере вдвое, горных громад Тянь-Шаня и Памира<sup>1</sup>.

Так как значительнейшее пространство равнины Европейской части СССР имеет склон на юго-восток, то большая часть талых вод Скандинавского ледника должна была поступить в Арало-Каспийский бассейн. Кроме того, в этот бассейн неслись по Аму-Дарье огромные массы вод с ледников Гиндукуша и Памира.

По исследованиям К. Калицкого, при наивысшем стоянии уровня Каспия береговая линия его находилась на высоте 86 м над нынешним уровнем этого моря, то есть на 60 м абсолютной высоты (т. е. выше океанского уровня). При последующем понижении бассейна, когда уровень его стоял лишь на 23 м над теперешним Каспием, т. е. на 3 м ниже океанского уровня, в Каспийский проникли через Манычский пролив выдерживающие опреснение *Cardium edule* и другие представители средиземноморской фауны из Черноморского бассейна, а из Каспия эта фауна проникала далее через Узбой в Аральское море.

При наличии двух источников снабжения талыми водами—ледника Скандинавского, с одной стороны, и ледников Гиндукуша и Памира, с другой, действовавших не совсем одновременно, так как с исчезновением Скандинавского ледника по Аму-Дарье еще продолжали нестись воды в огромной массе, размеры Арало-Каспийского бассейна неоднократно изменялись, делаясь то больше, то меньше.

По окончании ледниковой эпохи, когда Черное море вошло в свои берега, соответственно океанскому уровню, Арало-Каспийский бассейн продолжал быть еще значительным и, лишь постепенно высыхая, в конце концов распался на два обособленных и далеко отстоящих друг от друга водоема. Обнажившееся дно морское заняло огромное пространство к востоку от Уральского хребта, а частью и к западу от него, лежащее ниже океанского уровня и испещренное по впадинам бесчисленными озерами, преимущественно солеными, а также солончаками.

Рельеф области в общем равнинный, постепенно повышающийся с запада на восток; от уровня моря (на крайнем западе около Каспия) до 300 с лишним метров на востоке (в районе озера Ала-Куль, б. Семиреченской области).

<sup>1</sup> От дальнейшего высыхания Туркестанского моря в настоящее время, по Мушкегову, имеются, как остатки, Арал-Балкаш, Ала-Куль и другие озера Туркестана.

Равнинный характер отчасти нарушается лишь плоскогорьем Усть-Урт высотой до 180 м над уровнем моря и в центре б. Сыр-Дарьинской области хребтом Кара-Тау высотой до 1067 м над уровнем моря.

Заселение растительностью этой грандиозной голой земли, богатой минеральными солями, происходило при последовавшем изменении климата в сторону сухости, каковое изменение, собственно, и вызвало исчезновение всех ледников окончившейся ледниковой эпохи.

Значительнейшая часть Арало-Каспийской низменности с глинистой почвой, одевшись редким травянистым покровом восточного флористического состава, превратилась в пустыню. Северная ее зона, приблизительно до 50° с. ш., чрезвычайно изобильна соляными озерами, с солонцеватой почвой, скудно прикрытой солончаковой флорой. Эта солонцеватая пустыня тянется по направлению к западу, обнимая низовья рр. Эмбы и Урала, и метрами достигает Волги.

К северу от этой пустыни, уже в области полынной степи, с предгорий Общего Сырта расселились к западу по оврагам и балкам отдельные островки леса (колки) из осины, дуба, березы, серебристого тополя и осокоря и некоторые кустарниковые породы (татарский клен, терн, яблоня, боярышник, ива и др.), причем дубовые колки занимают самые узкие места балок. К востоку от Уральского хребта с предгорий по влажным долинам и оврагам распространились кое-где белый тополь, осокорь, осина и береза с некоторыми кустарниками (боярышник, ива и др.) вплоть до Мугоджарских гор.

Там же, где дно морское было песчаным (преимущественно в южной части области), по заселении на песке редкого покрова из злаков, называемых по-киргизски селин (*Aristida pennata* Trin. и *A. pungens* Desf.), молочая (*Euphorbia cheirolepis* Fisch et Mey) и некоторых других трав, образовались песчаные пустыни (Кара-Кум, Кызыл-Кум и др.); кроме того, местами остаются большими площадями голые, летучие пески, частью, вероятно, ответные, которые под действием ветра превращаются в барханы—своеобразные бугры, высотой до 12 м, по форме напоминающие лошадиное копыто, с выпуклой стороной, почти всегда обращенной к господствующему СВ ветру, то есть на северо-восток, с вогнутой—на юго-запад.

Оголение песков и обращение их в летучие вызывает в сильной степени человек и его стада, а частью также роющие грызуны: тонкозальный суслик (*Spermophilus leptodactylus* Licht.), песчаные крысы (*Meriones meridianus* Pall. и *Rhombomys opimys* Licht.), тушканчик (*Platycercomys platurus* Licht.) и др.

Эти землерои выбрасывают из нор рыхлый песок, который, разносясь ветром, засыпает травяной покров, причем и сам ветер выдувает песок около норок, делая ямки-выдуи, быстро расширяющиеся. Начинающие успокаиваться пески покрываются зарослями или джужгуна (*Calligonum*), или песчаной акации—куян-суек (*Ammodendron*).

Джужгун из сем. гречишных (*Polygonaceae*), родственный нашей гречихе, представляет собой кустарник безлистный, у которого функцию фотосинтеза исполняют зеленые побеги.

Из 30 видов рода *Calligonum* 22 вида обитают в Арало-Каспийской котловине, являющейся их родиной, а остальные (за исключением одного вида) произрастают по периферии этой котловины в Монголии, Белуджистане и Персии<sup>1</sup>.

Большинство видов—типичнейшие представители песков пустыни. По оригинальности, красоте плодов и по своему габитусу заросли джужгуна представляют редкостное явление пустынной природы. Рост растения медленный; ветви имеют ясно выраженную коленчатость; молодые зеленые побеги сидят пучками, образуя на ветви очередное расположение. Цветы—

<sup>1</sup> В. И. Л и п с к и й. Лесная растительность в Туркестане. Труды по лесному опытно-му делу в России, вып. XXX, СПб, 1914.

красновато-белые с приятным яблочным запахом. Плоды—крупные, крылатые или реснитчатые, цветом от бледно-желтого до ярко-красного.

Джужгуны возобновляются исключительно только семенами. Присутствие зарослей джужгуна говорит путнику о близости залегания грунтовой воды.

Джужгунов имеется в Туркестане, по Ф. А. Федченко и Б. А. Федченко («Conspectus florum Turcestanicae»). Перечень растений дикорастущих в русском Туркестане, Юрьев, 1906—1916), 43 вида с 14 разновидностями.

Важнейшими из них и более крупномерными являются:

1) *Calligonum aphyllum* (Pall.) Gürke—синоним *C. Pallasii* L'Herit (2 м), растущий в б. Уральской, Тургайской, Акмолинской, Семипалатинской, Семиреченской, Сыр-Дарьинской, Ферганской и Закаспийской областях и в Бухаре;

2) *C. flavidum* Vge с двумя разновидностями *var. iliensis* Trautv. и *var. membranaceum* Borczcz, растущий в б. Семипалатинской (по р. Иртышу и озеру Нор-Зайсам), Семиреченской и Сыр-Дарьинской областях (по восточному побережью Арала);

3) *C. leucocladum* (Schrenk) Vge с двумя разновидностями (*var. strictum* Led. и *var. flexuosum* Led.), растущий в б. Уральской, Тургайской, Семиреченской, Ферганской, Сыр-Дарьинской, Закаспийской областях и в Бухаре;

4) *Calligonum eriopodium* Vge, или кандым, имеет также древовидную форму (до 2,4 м), по размерам мало уступает саксаулу; кора его лущится продольными полосами, придавая стволу мохнатый вид; ствол темно-серый, а под лущащейся корой красно-желтый, как у сосны. Ввиду обилия пучков зеленых побегов и значительной длины последних кандым дает наибольшую тень из числа пустынных деревьев.

Древесина его значительно превосходит по прочности саксаул; так, срубы в колодцах, сделанные из кандыма, служат без ремонта от 15 до 30 лет. К сожалению, распространение этого вида ограничено, так как он, по-видимому, предъявляет специфические требования к почве. (См. А. Вознесенский «Джизакское степное лесничество Самаркандской области». 1912 г.)

Этот вид растет в б. Сыр-Дарьинской, Самаркандской и Закаспийской областях и в Бухаре.

Эти четыре вида образуют главный фон джужгуновых зарослей. Прimesью к ним служат также *Calligonum densum* Borczcz (высотой до 3 м), *C. Caput Medusae* Schrenk. и *C. arborescens* Litv., из них *Calligonum arborescens* Litv. принадлежит к крупнейшим джужгунам; ветви его охотно поедаются верблюдом.

Бесма многие виды джужгуна обладают большой способностью, в случае полного засыпания растения песком, давать придаточные корни на засыпанных ветвях и образовывать многочисленные новые кусты. Таким образом, например, быстро разрастаются на голых песчаных холмах от одного растения значительные заросли *Calligonum eriaceum* Borczcz. Еще в большей степени этой способностью обладает *C. leucocladum* Schrenk, который, вместе с полукустарником—песчаником (*Elymus sabulosus* M. B.), первым начинает седиться на весьма подвижных песках и потому считается песчаным «пионером».

Что касается зарослей песчаной акации, или, по-киргизски, куян-суек, из сем. мотыльковых (Papilionaceae), то в состав их входят четыре вида:

1) *Ammodendron Eichwaldi* Ledb., растущий лишь в Закаспийской области, с разновидностью *A. Eichwaldi* Ledb. *var. stenophylla* Trautv. (найденной около Красноводска); затем

2) *Ammodendron Conollyi* Vge, имеющая древесину настолько тяжелую, что она тонет в воде;

3) *Ammodendron Karelini* F. et M., распространенные в б. Закаспийской и Сыр-Дарьинской областях, а последний, кроме того, в б. Самаркандской

области, Бухаре и Хиве; для этого вида указываются Смирновым две разновидности: var. *oxiana* и var. *usun-kairica* Smirnow, наконец,

4) *Ammodendron Sieversii* Fisch., с разновидностью его *A. Sieversii* var. *Zablozkii* Trautv., встречающийся в б. Закаспийской, Сыр-Дарьинской и Семиреченской областях, а также Тарбагатай и Кульджа, а разновидность найдена лишь в б. Закаспийской области. Из этих видов два—кустарники; древесными являются *Ammodendron Conollyi* Bge и *A. Karelini* F. et M. Эти изящные деревца имеют почти одинаковую с саксаулом высоту, но значительно уступают ему по толщине, достигая лишь 9—11 см.

На листовом черешке расположено по два супротивных листа, но ости на конце черешка и две ости у основания листочков на молодых побегах свидетельствуют об атрофированном перистом листе; листья заканчиваются колючками, что гарантирует растение от объедания скотом.

Помимо атрофирования большинства листьев, приспособление к условиям пустыни видно также в серебристом опушении листьев. Благодаря наличности настоящих листьев песчаная акация (куян-суек) является деревом, дающим наибольшую тень.

Соцветие—кисть; цветы довольно крупные, лиловые; во время цветения над куян-суеком стоит стон от жужжащих пчел и мух. Семена висят на деревьях до весны. Древесина его обладает замечательной твердостью и имеет ярко выраженное ядро темного цвета, окаймленное светло-желтой оболочкой. Куян-суек покрывает песчаные холмы в Кызыл-Кумах; он широко распространен и в Кара-Кумах; северный его предел на широте Перовска (45° с. ш.), на запад не идет далее меридиана песков Большие Барсуки (77° в. д.).

На пониженных местах в б. Сыр-Дарьинской и Закаспийской областях и в Бухаре подмешана древовидная солянка, или черкез, (*Salsola Richteri* Karel), высотой до 4 м, с трехгранными листьями, длиной до 1 см, напоминающими хвою; будучи засыпано песком, растение дает придаточные корни и продолжает расти; затем *Salsola Paletzkiana*—крупные деревья, имеющие листья с бурым отворотом. Наконец, кустарник *S. arbuscula* L. распространен по всему Туркестану.

Кроме того, подмесью к черкезу растет саярь-кафак (*Eremosparton arphyllum* F. et M. var. *flaccidum* Litv.), распространенный в б. Закаспийской, Тургайской (в Барсуках), Сыр-Дарьинской и Семиреченской областях.

Примесью служат также астрагалы (*Astragalus ammodendron* Bge и *A. arborescens* Bge) и некоторые другие.

Третью стадию развития растительности на песчаных почвах представляют неподвижные пески, покрытые подобными лесу зарослями своеобразных древесных пород.

Самыми важными из них являются заросли саксаула, или сезана, из сем. солончаковых (*Chenopodiaceae*).

В Туркестане различаются киргизами две разновидности саксаула: белый саксаул, или ак-саксаул, *Arthrophytum arborescens* Litv. (синоним *A. ammodendron* var. *acutifolium* Minkw. *Haloxylon ammodendron* Bge et Led.), произрастает на песчаных почвах Туркестана, и черный саксаул, или кара-саксаул, *Arthrophytum ammodendron* (C. A. M.) var. *acutifolium* Minkw., произрастает на глинистых почвах Туркестана, на местах пониженных, с близким уровнем грунтовой воды, а первый занимает бугры.

Саксаул—растение безлистное; семена его вроде березы. Семена рассеиваются с деревьев с ноября по февраль.

Это дерево распространено по всему песчаному пространству Арало-Каспийской впадины от Каспийского моря до Нор-Зайсана и китайской границы, встречаясь также в Ферганской области.

Кроме того, саксаул произрастает и дальше к востоку, обитая всюду в Джунгарско-Монгольской пустыне и образуя сплошные леса в пределах Алашаня (Восточный Китай); он встречается также в Персии (в Северной Африке и в Испании растет другой вид саксаула).

Западный предел распространения саксаула проходит через юго-восточную часть Уральской области, упираясь в берег Каспия выше полуострова Мангышлака. Северная же его граница тянется через области Тургайскую и Акмолинскую в 70—120 км от границы с Туркестаном и через южную часть Семипалатинской области, где упирается в озеро Балкаш; за этим озером граница идет в СВ направлении до озера Зайсан.

Южный предел распространения проходит в 200 км к югу от озера Балкаш через пески Муюн-Кум к Сыр-Дарье, которую пересекает в 600 км от ее устья; затем вдоль реки поворачивает к ЮВ и проходит через б. Джизакский уезд б. Самаркандской области, спускаясь в Бухару, где пересекает Среднеазиатскую железную дорогу, затем направляется к югу, пересекая р. Мургаб севернее границы СССР с Афганистаном.

В общем огромная область распространения саксаула, площадью свыше 1 млн. км<sup>2</sup>, по форме напоминает треугольник с вершиной при озере Зайсан, вытянутый в направлении с СВ на ЮЗ в пределах 12° широты (от 35 до 48° с. ш.).

В пределах этой области саксаул распределен крайне неравномерно. В основании этого треугольника (в западной половине б. Закаспийской области и в б. Уральской области) он встречается лишь изредка маленькими, крайне редкими и низкорослыми зарослями, а зачастую и единичными кустами. Но мере движения на северо-восток заросли учащаются, улучшаются в росте и становятся более обширными; даже уже в восточной половине песков южнее Кара-Кумов (т. е. к западу от Бухары и Хивы) по склонам и котловинам бугристых песков начинают появляться типичные саксауловые заросли. Самые типичные обширные саксаульники находятся в Зааральском крае (в б. Казалинском и Перовском уездах Сыр-Дарьинской области), затем в песках Муюн-Кум (по р. Чу) и в песках Сары-Ишик, расположенных за озером Балкаш в области прежних русел р. Или, по рр. Караталу, Лепсе и другим рекам, текущим в это озеро с горного хребта «Джунгарский Ала-тау».

Саксаул представляет собой древесное растение, высотой до 6,5 м и толщиной до 44 см, безлистное, у которого функцию фотосинтеза исполняют зеленые побеги; будучи недолговечным, он начинает плодоносить с очень раннего возраста, давая ежегодно настолько обильные урожаи семян, что ко времени созревания семян крона дерева бывает густо одета розовыми крылатками. Цветет саксаул позже всех древесных растений пустыни— в самом конце лета, мелкими зелеными цветами; семена напоминают березовые.

Зеленые молодые побеги, снабженные беловато-желтыми чешуйками—зачатками листьев, имеют в длину до 4,5—6,5 см и расположены супротивно на тонких ветвях светло-серого цвета; по общему своему виду зеленые побеги напоминают иглы сосны.

Корневая система саксаула, по В. И. Г о м и л е в с к о м у, углубляется в почву на 10 и более метров и по своей массе раза в 2—3, а иногда в 6 раз превосходит массу надземной части (В. И. Гомилевский. «Характеристика работ по укреплению песков вдоль Среднеазиатской и Ташкентской железной дороги для защиты их от заноса песком». «Лесной журнал», 1909 г., вып. 2—3).

Все строение растения говорит о том, что саксаул принадлежит к весьма светолюбивым породам, притом к ксероморфам, экономнейшим образом расходующим влагу путем ряда приспособлений до полной атрофии листьев включительно.

При всей экономности испарения воды саксаульники тем не менее очень сильно понижают под собой уровень почвенных вод. Так, по сообщению Э. Н. Фишера<sup>1</sup>, по всему пространству Муюн-Кум (Сыр-Дарьинской области)

<sup>1</sup> В. И. Л и с к и й. Лесная растительность в Туркестане. СПб, 1911, приложение II, Э. Н. Ф и ш е р. Саксауловые леса в Муюн-Куме.

на открытых местах подпочвенные воды залегают настолько близко к дневной поверхности, что кочующими киргизами роются колодцы не глубже 1,5—3 м, доставляющие в изобилии питьевую воду (местами у одного колодца поят беспрерывно 2—3 тыс. голов скота); между тем на окраинах саксаульников глубина колодцев уже не менее 6—8,5 м, а иногда и до 21 м, причем вода уже солонцеватая и горьковатая, порой же совершенно непригодная для питья, и в общем ее мало. В центре же саксаульников, по утверждению киргизов, найти воду уже очень трудно.

С другой стороны, саксаул не переносит избытка воды в почве; даже если в течение одних суток почва под саксаульником оказалась покрытой слоем воды до 2 см, неизбежным следствием является массовая гибель саксаульника в ближайшие же годы, что, по В. Ю. фон-Бранке, было замечено после необычайного половодья Сыр-Дарьи в 1908 г. Киргизами давно подмечена эта чувствительность саксаула к избытку почвенной влаги. По сообщению Э. Н. Фишера, иногда киргизы, в целях расчистки лесной почвы под распашку, предварительно уничтожают саксауловую заросль обильной поливкой, после которой деревья быстро засыхают и вываливаются.

Саксаул обладает удивительной для пустыни силой роста: длина годовичного побега достигает до полуаршина. Он хорошо возобновляется семенами, что особенно наблюдается на заброшенных пашнях, которые в 3—4 года обильно покрываются молодняком—налетом высотой в рост человека. Сверх того, обладает сильно развитой порослевой способностью, если только срублен не в жаркое время года, давая весной роскошную ярко-зеленую поросль.

Подобно травянистым растениям пустыни, саксаульники характеризуются редким древостоем, причем, вследствие безлистности породы, не дают никакого отенения почвы.

В наилучшем участке 30-летнего возраста, при средней высоте 4 м и диаметре 13—18 см, по исследованию проф. В. Ю. фон-Бранке<sup>1</sup>, оказалось на 1 га всего 1100 деревьев с запасом всей древесины, считая и сучья, до 30 960 кг = 28 пл. м<sup>3</sup>. По другой пробе Писчикова, при средней высоте 3,5 м и диаметре 13,3 см масса оказалась 40 624 кг = 37,4 пл. м<sup>3</sup>.

В саксаульниках встречаются единично джужгун, куян-суек, заросли колючки (*Seratocarpus arenarius*), а весной голубые присы, тюльпаны и некоторые злаки.

По окраинам же саксауловых зарослей растут опушкой заросли джужгунов и других кустарниковых пород, свидетельствующие о том, что саксаульники развились как последующая формация на местах бывших зарослей джужгуна или куян-суека, укрепивших подвижный песок.

Вырости на почве хотя бы и песчаной, но с примесью глины и солонцеватой, саксаул имеет ясно выраженное ядро черного цвета и называется по-киргизски кара-саксаулом, т. е. черным саксаулом, который размножается вегетативно; эта разновидность почти вдвое прочнее обыкновенного (белого) ак-саксаула, неспособного к вегетативному размножению; так, в колодезных срубках он служит без ремонта 8—10 лет, против обычных 4—6 лет.

По мнению некоторых (фон-Бранке), черный саксаул встречается на местах с близким уровнем грунтовых вод, где дерево не ощущает недостатка во влаге.

В саксаульниках примесью является безлистное деревце, высотой до 4 м, карабаркен (*Halostachys caspia* С. А. Mey), наиболее часто встречающееся за Аральским морем к югу от Сыр-Дарьи и изредка попадающееся в Хиве, южных Кара-Кумах, Джунгарии и других местах; затем подмешаны два вида ткенны из сем. пасленовых, по-киргизски «ак-тыкен» (*Lycium ghuheniense* Murr. и *L. turcomanicum* F. et Mey), представляющие колючие кустар-

<sup>1</sup> Профессор В. Ю. фон-Бранке. Отчет по командировке в Туркестанский край для исследования саксауловых зарослей. СПб, 1912.

ники с мясистыми листьями. Центром их распространения являются южные Кара-Кумы; они попадают в Хиве и в долине Зеравшана.

Общее пространство саксауловых зарослей в Туркестанском крае насчитывает до 8—10 млн. га.

По мнению Баршева, саксаул находится в стадии своего расселения на запад и на север.

Что саксаул распространился в Арало-Каспийской впадине с востока на запад, об этом свидетельствует треугольная форма ареала его современного обитания с вершиной около озера Зайсан, с постепенным уменьшением его распределения по ареалу по мере движения на запад. Очевидно, центром расселения саксаула служил Южный Алтай.

Эту мысль подтверждает также и форма массивных саксаульников в отдельных районах. Так, по словам Э. Н. Фишера, огромный сплошной массив саксаульников, тянущийся на запад вдоль левого бережья р. Чу, начиная от впадения ее с левой стороны р. Курагата, имеет форму вытянутого треугольника, длиной до 320 км, с вершиной около р. Курагата и основанием до 69 км.

Если принять во внимание, что в настоящее время в Средней Азии зимой ветры дуют с востока, спускаясь в Арало-Каспийскую впадину с горных высот Монголии (Тянь-Шаня и Южного Алтая), то становится понятным и расселение этими ветрами поздно созревающих семян саксаула.

Допуская, что нередко бывают зимой и ветры, дующие с юга в ту же впадину с высот Гиндукуша, хребта Каракорума и плоскогорья Памира, возможно согласиться и с предположением о современном расселении саксаула также и на север в б. Акмолинской и Тургайской областях.

С другой стороны, надо отметить и прогрессивно усиливающееся истребление саксауловых зарослей.

Пользуясь хрупкостью саксауловой древесины и ввиду отсутствия лесозаготовочных инструментов, киргизы никогда не срубают и не спиливают саксаул, а ломают его, навалившись на ствол всем корпусом тела с некоторым размахом.

Молодые ветви саксаула идут на выжигание поташа, а при неурожае трав служат и кормом для скота. Ствол с толстыми сучьями употребляется на выжиг угля, необходимого для согревания зимой в юрте, и на дрова для городского потребления; из стволов делают также срубы для колодцев, достигающие иногда в б. Самаркандской области глубины 43—53 м. На киргизских кладбищах памятниками (мулушками) служат кучи из саксауловых стволов, сложенных комлями вниз.

Пастьба скота в саксаульниках причиняет им огромный вред: бараны поедают нижние молодые побеги и молодые всходы; козлы, кроме того, обгладывают нежную кору дерева; лошади тоже не брезгают зелеными побегами; но самое злое для саксаула животное—это верблюд; он объедает верхушки деревьев, причем, благодаря своему росту, в состоянии объедать вершину дерева до 3,5 м высоты. Сверх того, обчесываясь о саксаул, с целью избавиться от впившихся в тело громадных клещей, верблюд ломает множество деревьев; при крайней хрупкости саксаула верблюду нетрудно сломать дерево толщиной 15—20 см. Пастьба скота неизбежно влечет за собой сперва изрежение, а затем обнажение почвы от травяного покрова и полное истребление драгоценных саксауловых зарослей.

Кроме саксауловых зарослей, видное место занимают также заросли чингила (*Halimodendron argenteum* D. C.) из мотыльковых, высотой до 4 м, настолько колючий кустарник, что скот совсем его не трогает. Ежегодно роскошно цветет и обильно плодоносит. Западную границу его распространения составляют побережья Аральского моря. Он везде следует распределению бугристых песков. Лучшего развития достигает в Зааральском крае, образуя в бассейне Сыр-Дарьи сплошные непроходимые чащи; огромные заросли его имеются в бассейне р. Чу; он распространен также по верхнему

Иртышу почти до 52° с. ш., встречается также в Джунгарии и Хиве, во множестве распространен в Зеравшане (кроме того, растет на Алтае, в Закавказье и в Крыму).

По личному сообщению В. А. Палеевского, в Туркестане селин (*Aristida pennata* Trin. и *A. pungens* Desf.)—злак, самообсеменяющий пески. За селином следует кандым и черкез, а затем, по уплотнении и слежении песка, заселяет уже саксаул. Саксаульники—это конечная стадия эволюции растительного покрова в туркестанских песках.

Затем из представителей древесной растительности надо отметить дерево джидде (*Elaeagnus hortensis* M. et B.), из лоховых, растущее во множестве в нижнем бассейне Сыр-Дарьи, образуя нередко целые рощи высотой до 6 м, затем в бассейнах рр. Чу и Или, а также в долине Зеравшана, с верховьев которого это растение, вероятно, и расселилось по Туркестану, Бухаре и Хиве, хотя возможно, что распространение шло и из Афганистана, где джидде часто встречается. Свойственно оно также пойменным (тугайным) лесам.

Благодаря съедобным плодам дерево это вошло в культуру.

Наконец, по песчаным берегам рек и озер, а также на песках с близким залеганием грунтовых вод обширные заросли образуют разные виды гребенщика, или по-киргизски джаншла (*Tamarix*), из сем. тамариковых (*Tamaricaceae*), обнимающего 95 видов, 22 вида встречаются в Туркестане, и почти все они характерны для степных лесов. Есть виды эндемические, т. е. свойственные исключительно Средней Азии. Гребенщики, или тамариксы, встречаются в пустынных местах и на солончаках; некоторые виды заходят и в горы. Большинство из них представляют кустарники, очень красиво цветущие и обильно плодоносящие каждый год; лишь некоторые виды достигают высоты 4—6 м.

Более распространенными являются: *Tamarix Pallasii* Desv., *T. laxa* W., *T. elongata* Ledb., *T. hispida* W., *T. Karelinae* Vge и *T. leptostachya* Vge; последний вид достигает наибольшего распространения на востоке—до озера Зайсан.

На север дальше других видов идут *T. Pallasii* Desv. и *T. gracilis* W., не переходя, однако, за 47,5° с. ш.

*Tamarix gracilis* W. идет на запад до р. Урала; до юга Европейской части СССР идут *T. Pallasii* Desv., *T. laxa* W. и *T. hispida* W.

Некоторые виды встречаются лишь в б. Закаспийской области (*T. Kotschyi* Vge, *T. frorida* Vge, *T. Meyeri* Boiss., *T. Karakalensis* Fr. et Sint., *T. macrosarxa* Vge и *T. israhanica* Vge), иные же виды ограничены совсем небольшим районом, так: *T. aralensis* Vge обитает только у северного побережья Аральского моря, *Tamarix macrosarxa* Vge — лишь в окрестностях Красноводска. К северу от Покровска, близ озера Бабыстенкуль, имеется, по Карелину, роща в широтном направлении протяжением около 35 км, состоящая почти целиком из различных видов гребенщика.

Кроме степных, встречаются и пойменные (тугайные) леса.

По поймам (тугаям) в верхней части Сыр-Дарьи (Самаркандской области) растут сплошные, непролазные заросли гребенщика высотой до 4 м, в которых обитают фазаны, дикие кабаны и барсуки (*Melex taxus*). Этими зарослями покрыты также многочисленные острова, образуемые капризными изменениями русла Сыр-Дарьи. Незначительную часть пойменных зарослей (до 5%) здесь занимают насаждения из евфратского тополя, или туранги (*Populus diversifolia* Oliv.), высотой до 13 м, тополя *Populus pruinosa* Schrenk. и тала (*S. tenuifolia*) с примесью джидде (*Elaeagnus spinosa*), имеющие подлесок из следующих кустарников: чингиль (*Halimodendron argenteum*), дегеза (*Caragana frutescens* или *C. turkestanica*) и барбарис (*Berberis turfanensis* и *B. integerrima*), составляющий исключительную принадлежность зеравшанской флоры.

Весьма большой пойменный лес из туранги (*Populus euphratica* Oliv.) с примесью *Populus pruinosa* Schrenk. имеется по р. Теджеку, где он тянется



узкой полосой свыше 100 км (до Сарахса), а также по Мургабу. В Бухаре по Аму-Дарье также пойменные тополевые леса (*P. euphratica* Oliv., *P. pruinosa* Schrenk. и *P. Bachofeni* Wierzb. с примесью джидде (*Elaeagnus hortensis* MB.) и облепихи (*Hippophae rhamnoides* L.).

На основании составленного В. И. Л и п с к и м списка древесных и кустарниковых пород Средней Азии, с включением в него лишь шести новых видов (3 *Caroxylon* и 3 *Berberis*), видно, что по флористическому составу в рассматриваемой области представляют степные заросли и леса 219 видов и пойменные леса—72 вида, итого 291 вид. Таков получается состав, не считая многих низкорослых кустарников из астрагаловых и солянок (Astragaleae и Salsolaceae).

Таков результат самооблесения бывшего дна морского за последние 13 тыс. лет.

В общем при крайней скудости заселения древесными и кустарниковыми растениями глинистых почв Арало-Каспийской впадины, на песчаных почвах, наоборот, довольно большими площадями появились леса и заросли деревьев и кустарников из множества представителей восточной флоры, спустившихся в низину с Южного Алтая (Монголия) и с предгорий, расположенных на юге горных хребтов Афганистана и Персии. Очевидно, очень редкий травостой на песках и некоторая опресненность почвенной влаги конденсацией водяных паров из атмосферы достаточно обеспечивают прорастание и развитие всходов деревянистых ксероморфных растений, раз семена их достигли почвы.


Вместе с тем нельзя не отметить почти совершенную безлесность песчаных пространств к западу от р. Урала, расположенных по северному и северо-западному побережьям Каспийского моря, где летучие пески занимают площадь свыше 1 млн. га. Основная естественноисторическая причина этого явления, по-видимому, заключается в дальности расположения центров расселения ксероморфных деревьев и кустарников при бедности ими Северного Кавказа и Южного Урала.

Естественное расселение лесной растительности с востока, особенно при современном вмешательстве человека в жизнь природы, идет настолько медленно, что для достижения и занятия среднеазиатскими зарослями и лесами б. Астраханской губернии, вероятно, потребуются такой же продолжительный период времени, какой истек с момента исчезновения великого Скандинавского ледника (т. е. около 13 тыс. лет).

Не дожидаясь поэтому естественного расселения с востока ценных для песков растений, было бы полезно искусственное перемещение на юго-восточную окраину Европейской части СССР хотя бы таких представителей восточной флоры, как черкез (*Salsola Richteri* Karel.), куян-суек (*Ammodendron Conollyi* Bge и *A. Karelini* F. et M.), саксаул (*Haloxylon ammodendron* Bge), джужгуну (разные виды *Callygonum*), джидде (*Elaeagnus hortensis* MB. = *Elaeagnus angustifolia* L.) и евфратский тополь, или туранга (*P. euphratica* Oliv. = *P. diversifolia* Schrenk.), памятуя, что юг СССР уже получил из области арало-каспийских пустынь несколько видов тамарикса и чингил (*Halimodendron argenteum* D. С. в Крыму).



## XI. ЛЕДНИКОВАЯ ЭПОХА



становимся теперь на самом грандиозном феномене обнажения земли, охватившем в плейстоцене до  $\frac{2}{3}$  территории Европейской части СССР.

В дело познания ареалов растительных формаций и всей современной природы весьма большое затруднение вносит катастрофа земли, вызванная недавней ледниковой эпохой.

Влияние этой эпохи на границы современного распределения отдельных растений и животных и на соотношение существующих растительных формаций, как явление не статическое, а динамическое—явление не законченное, а еще совершающееся, чрезвычайно велико, так как, во-первых, ледяным покровом было занято огромное пространство суши в северном полушарии и, во-вторых, из всех крупных перемен, испытанных когда-либо землей, это величайшее событие настолько близко нам, что свидетелями его являются современная флора и фауна, окружающие нас ландшафты с холмами, речными долинами, озерами, болотами и прочие, а также открытая ледниковыми отложениями суша.

В наступившую за меловым периодом третичную, или кенозойскую, эру, продолжавшуюся, по крайней мере, три миллиона лет и отличавшуюся теплым климатом, происходило образование множества новых форм растений и животных, в том числе и высших позвоночных. В продолжение всей этой эры, начиная с верхнемеловой эпохи (мезозойской эры), вся северная половина Европейской части СССР, вплоть до  $54-55^\circ$  параллели, в том числе и территория б. Московской губернии (а на востоке около Оренбурга до  $51^\circ$  с. ш. и на Урале до  $56,5^\circ$  с. ш.) пребывала окончательно сушей, за исключением узкого морского залива в верхнемеловом море, тянувшегося с юго-востока восточнее меридиана Москвы и достигавшем верховьев р. Клязьмы.

Эта суша в нижне- и среднеэоценовую эпоху значительно расширилась, охватив весь запад и юг СССР (за исключением Нижнего и Среднего Поволжья до устьев Камы); затем, однако, в нижне-олигоценовую эпоху, когда вся северная половина продолжала оставаться сушей, южная половина Европейской части СССР была залита морем, не столь, впрочем, обширным, как прежде, верхнемеловое море (последнее затопляло и Зауралье, часть Западной Сибири), наложившее своими осадками весьма глубокие отличия (в почвообразовании и пр.) на всю южную часть СССР, по сравнению со средней и северной.

Даже во второй половине третичной эры, в миоценовый и плиоценовый периоды, на территории нынешней Франции, Англии и Южной Германии

существовала почти тропическая растительность, водились обезьяны и другие животные жаркого климата.

В самом конце этой эры в юго-западной России произрастали леса, состоявшие из особых видов дуба, клена, бука, каштанов, лавра, тюльпанового дерева, а также росли пальмы и секвойи; из животных здесь обитали мастодонты, дипомермы, носороги, страусы и так далее.

Даже на далеком севере, в Гренландии и на Шпицбергене, ныне из-за суровости климата совершенно безлесных, в то время росли леса.

Очевидно, что и в пределах средней России растительность и животный мир должны были иметь тогда отпечаток жаркого климата.

Но в конце плиоценового периода последовала чудовищно резкая смена физико-географических условий в северном полушарии уже при существовании на земле палеолитического человека, пользовавшегося кремневыми и каменными отбитыми орудиями. И если бы этот современник мамонта, носорога, пещерного медведя и других вымерших ныне млекопитающих не находился на весьма низкой степени культуры, доказываемой уцелевшими от него находками орудий и пр., то он мог бы оставить нам указания на замечательнейшие явления природы, свидетелем которых он без сомнения был, когда на севере Европы и Северной Америки постепенно началось оледенение обширных пространств суши (одновременно ли, впрочем, было обширное оледенение в Европе и Северной Америке, пока нет никаких положительных данных<sup>1</sup>).

Климат стал более холодным и влажным и увеличилось количество атмосферных осадков. Из-за понижения температуры воздуха осадки эти на известной высоте над уровнем моря стали выпадать чаще в виде снега, чем в виде дождя; при этом за более холодную часть года стало прибавляться больше снега, чем успевало стаять его за более теплое время года.

Вследствие этого на горах Европы, на первых порах только на более высоких, как Альпы и Кавказ, стало накапливаться больше снега; из снега начали образовываться фирновые массы, а из последних глетчерный лед. Горные глетчеры начали увеличиваться и постепенно сползать все ниже и ниже, достигая долин.

Затем, даже на менее высоких горах, где ныне нет постоянных снегов, вершины и в летнее время забелели снежным покровом, а из него стал образовываться фирн и глетчерный лед.

Мало-помалу не только Альпы, Пиренеи, Кавказ и Гималаи, но и Карпаты, горы Средней Германии, Франции и Шотландии оделись мощным ледниковым покровом, и даже на этих средних горах глетчеры начали спускаться в долины, заполнили озера и, наконец, достигли равнины<sup>2</sup>.

На горах Скандинавии и Финляндии (Феноскандии), путем накопления снега, получили особенно мощное развитие громадные массы глетчерного льда, который затем слился в один обширный сплошной ледник.

Главный центр оледенения в Европе представляла собой нынешняя Скандинавия, в частности провинция Эмтланд, где образовался чрезвычайно мощный ледниковый покров, толщиной до 2 км, о распространении которого

<sup>1</sup> Как ни велико было оледенение в Европе, на Северо-Американском материке оно было еще грандиознее. Оно покрывало здесь площадь в 4 млн. кв. миль и простиралось на юг до 38° параллели или на 12° южнее, чем в Европе. На Северо-Американском материке было три центра оледенения: на западе—кордильерский, на востоке материка киватинский (Кеватин) и лабрадорский, причем первый был на западном побережье Гудзонова залива, а второй—на восточном побережье его. Эти три центра действовали неодновременно; кордильерское оледенение было первое, затем, с исчезновением его, наступило киватинское, за которым следовало уже лабрадорское.

<sup>2</sup> В разных странах земного шара установлено для ледниковой эпохи понижение снеговой линии против современной; так, для Альп эта депрессия снеговой линии составляет 1200 м; в горах около экватора снеговая линия тогда опустилась всего на 500—600 м ниже, чем теперь. Следовательно, и в тропиках климат в ледниковую эпоху подвергался колебаниям, но в гораздо меньшей степени, чем в умеренных широтах.

лишь слабое понятие могут дать нам нынешние ледяные поля Гренландии. Эти поля Гренландии представляют собой не что иное, как уцелевший до нашего времени памятник былого оледенения северного полушария.

Так возник обширный Скандинаво-Финский ледник, подобный леднику, сковывающему в настоящее время большую часть Гренландии и страну Виктории около полюса в южном полушарии. Этот ледниковый покров спускается с гор Скандинавии, с одной стороны, к западу, в Атлантический океан, где, обламываясь, он образует бесчисленные ледяные горы, айсберги, которые несутся по океану, а с другой стороны, ползет к юго-востоку и югу по шведской низменности, встречая далее трение с сушей в СССР и Германии.

Для преодоления этого огромного трения, отсутствовавшего на западном склоне, требовалось значительное сружение, спруживание льда, и ледораздел должен был так определиться, чтобы установилось равновесие сопротивления движению льда как на запад, так и на восток.

Поэтому, как установлено Хегбомом (Högboom), ледораздел в скандинавских горах отодвинулся в среднем на 100 км к востоку от нынешнего водораздела Скандинавии, и одновременно с тем он значительно поднялся по сравнению с горным кряжем, благодаря чему сопротивление движению льда на запад соответственно возросло, так как глетчеры на своем пути к западу должны были переваливать через горный хребет. Таким образом установилась одинаковая сила сопротивления сползанию ледникового покрова как к западу, так и к востоку.

При этом заслуживает внимания, что всюду там, где движение ледника к западу через скандинавские горы было особенно легкое (как у Storlien на пути в Тронтгейм), ледораздел образовывал выпуклину к востоку, т. е. значительно удалялся от горного хребта; там же, где движение льда к западу затруднялось, ледораздел приближался к хребту гор<sup>1</sup>.

Глетчерный лед, то оттаивая, то замерзая на поверхности, соответственно суточным и годовым колебаниям температуры воздуха, и подвергаясь при этом сжатию в своей толще, приобретает большую пластичность, т. е. способность изменять свою форму под влиянием достаточно большой, непрерывно действующей силы.

Благодаря этому свойству глетчерный лед медленно сползает по склонам, и под влиянием силы тяжести, как двигательной силы, при большой своей массе и соответственной крутизне ската, может расползаться, перемещаться на весьма значительное расстояние от начального его местопроисхождения; при этом он может не только расползаться по равнинам, но, в противоположность воде, благодаря своей твердости, даже и подниматься на встречающиеся на его пути возвышенности.

Поэтому образовавшиеся скандинавские глетчеры при движении по суше, постепенно расползаясь, распространяются по всем направлениям, производят по пути разрушения горных пород, передвигая обломки этих последних на своей поверхности и в своей толще на огромные расстояния от коренного их местонахождения, и уничтожают на своем пути всю органическую жизнь. В б. Саратовской и Вольнской губерниях встречаются глыбы гранита и других горных пород, передвинутые ледником из Скандинавии и Финляндии, то есть более чем на 1000 км от коренного их местонахождения.

В кульминационный период ледниковой эпохи ледяной покров, сползая со Скандинавии, покрывает собой территорию нынешней Англии, Дании,

<sup>1</sup> Аналогичное морфологическое явление установлено Шаклетоном в Антарктике, в стране Виктории, где с СЗ на ЮВ тянется горная цепь, к юго-западу от которой находится мощный ледяной покров; через несколько проломов в этой цепи идут на север большие глетчеры, которые скоро падают в океан, образуя айсберги; в противоположном же направлении (к Индийскому океану), наоборот, ледяной покров простирается на бесконечное пространство. При этом вдоль горной цепи против проломов имеются понижения ледяного покрова с определенным отклонением гребня ледораздела от линии горной цепи.

Северной Германии до среднегерманских гор, словом, захватывает всю Северную Европу до Гарца, причем под ним исчезают Балтийское, Немецкое и Ирландское моря.

Ледниковая эпоха продолжалась неисчисленно многие тысячелетия, в течение которых ледяной покров постепенно распространялся в Европе к югу и востоку, а затем постепенно таял на своей окраине и отступал к северо-западу. Это распространение и отступление на периферии ледника шло, несомненно, многими колебаниями и интервалами. Местами ледник мог долгое время оставаться стационарным и накапливать на своем месте большие морены; затем он полз на сотни километров вперед и снова мог останавливаться надолго.

Такие же более или менее значительные остановки могли быть и при отступании ледника.

По аналогии с современными горными ледниками, эти наступания и отступания ледникового покрова в рассматриваемую эпоху повторялись неоднократно, т. е. отступавший ледник снова начинал поступательное движение, а затем опять начинал убывать и отступать еще дальше к северо-западу.

Когда такие колебания происходили в значительных размерах и с большими интервалами, если, например, ледник отступал на сотни километров и оставался затем стационарным целые тысячелетия, а потом снова расплываясь на большие расстояния, то в таких случаях можно условно говорить о нескольких эпохах оледенения, о нескольких ледниковых периодах.

Оставленная при этом ледником территория подвергалась действию водных и воздушных агентов; она размывалась текучими водами, на ней отлагались озерные и речные осадки, происходили почвообразовательные процессы. Местами она заносилась песком и пылью; наконец, она покрылась растительностью, сперва травянистой, а затем и древесной; за растительностью следовали и животные. Когда же затем совершалось новое наступление ледника на эту территорию, растительность на ней гибла, животные отступали, а частью тоже погибали; ползшие толщи ледника вспахивали и уносили рыхлые отложения; местами же они переползали через эти отложения и покрывали их новыми с моренными наносами, и в таких местах между нижними (прежними) и верхними моренными отложениями сохранялись промежуточные «междуледниковые» напластования с остатками органической жизни.

Во многих местах Западной Европы, а также в Европейской части СССР действительно найдены такие отложения, заключающие в себе остатки растительности и животных, свойственных более умеренному климату, чем современный. При этом между двумя пластами валунных отложений по Оке у Лихвина б. Калужской губернии открыты были озерные глины и мергели, переходящие вверх в толщу (6—8,5 м) лёсса; лёссовидные отложения местами найдены также и под Москвой. Эти находки наводили некоторых исследователей на мысль о существовании в междуледниковое время даже сухого континентального климата.

На востоке великий Скандинавский ледник охватывает значительную часть Европейской части СССР; он покрывает северную, среднюю часть СССР и значительную часть южной, продвинувшись далеко к югу в двух больших пониженных областях; западным крылом—в районе нынешнего бассейна Днепра (до 48°45' с. ш.) и восточным—в бассейне р. Дона.

Среднерусская же возвышенность и Приволжская (с Соколовскими горами), а также Подольская, или Арватинская, возвышенность (в юго-западной части СССР) задержали распространение ледника.

Нынешняя Польша находилась почти полностью под ледниковым покровом, который достигал здесь мощности 112 м, а по Лозинскому, местами даже около 200 м; лишь немногие отдельные возвышенные пункты оставались свободными от ледника и выступали среди ледяного покрова в виде земных островов, наподобие современных «нунатаков» Гренландии. К таким пунктам относятся возвышения в Львовско-Томашевском кряже, соединяющие Люб-

линскую возвышенность с Арватинской; затем южные склоны высот Келецко-Сандомирского кряжа, а равно также избежала ледника южная окраина Краковско-Велюнской гряды.

Ввиду веерообразного расположения глетчеров с севера из центра оледенения (Феноскандии), по всей вероятности, и в пределах средней части СССР оставались также свободными от ледяного покрова узкие, вытянутые в направлении с СЗ на ЮВ участки земли, но не вследствие их высоты, а как прогалы между смежными ледниковыми отрогами (глетчерами), ползшими разобщенно в вышеуказанном направлении под напором ледяных толщ, давивших на них с высот центра оледенения<sup>1</sup>.

Возможно, что эти прогалы были затем покрыты моренными отложениями или флювиоглациальными наносами. Но по этому предмету, за отсутствием ближайших исследований, не имеется никаких данных<sup>2</sup>.

В общем же великий Скандинавский ледник покрыл  $\frac{2}{3}$  пространства Европейской части СССР.

Одновременно с оледенением в Европе во много раз большее развитие имел ледниковый покров в Северной Америке, на территории нынешней Канады и США, спускавшийся почти до устья р. Огайо (под  $37^{\circ}$  с. ш.), т. е. почти на  $11^{\circ}$  южнее, чем на континенте Старого Света.

Изучая ледниковые отложения Альп, Англии, Германии и Северной Америки, нашли, что они перемежаются с речными наносами, иногда с морскими отложениями и эоловыми образованиями. Это привело к мысли, что ледниковая эпоха слагалась из собственно ледниковых периодов и продолжительных межледниковых эпох, когда климат был мягче, даже теплее, чем современный. В Германии насчитывают обыкновенно три ледниковых периода, разделенных двумя межледниковыми эпохами, в Альпах—четыре ледниковых периода, а в Англии—даже шесть.

Однако, ввиду малой вероятности столь резких скачков в климатическом режиме земли, многие исследователи-гляциалисты (Фрех, Гейниц, Лепсиус и др.) склоняются к той мысли, что в сущности был лишь один ледниковый период, причем ледяной покров то расширялся, то сокращался в своих размерах, отчего по краям бывшего ледяного покрова имеются переслаивания моренных и флювиоглациальных, а также морских и эоловых образований.

Будущее решит, какое из этих представлений более отвечает истине, т. е. окажутся ли межледниковые эпохи действительно длительными эпохами, в течение которых ледниковый покров отступал на всем почти североευропейском материке и господствовал при этом умеренный или даже теплый климат, или же, наоборот, окажется, что это были небольшие эпизоды колебательного характера процесса распространения ледника, ограничивавшиеся лишь периферией площади оледенения.

В Скандинавии, представлявшей собой центр оледенения, не найдено никаких межледниковых отложений, так что здесь не было перерыва в ледниковом режиме.

По мере же удаления от этого центра на юг и на восток, то есть по мере приближения к периферии ледникового покрова, где лед становился тоньше, конечно, легче происходили наступания и отступания ледника.

Так, уже в б. Архангельской губернии в моренных отложениях есть внутри слой с морскими образованиями, и, несомненно, здесь после отступа-

<sup>1</sup> В Северной Америке во многих местах, в штатах Висконсине, Миннезоте, Иллинойсе и Айове установлена наличность значительных пространств размером до нескольких сот квадратных миль под названием «drifulessarea» (площадь без наносов), которые не были под оледенением.

<sup>2</sup> Законы расползания отрогов ледяного покрова в полярных странах (в Исландии, Гренландии, на Шпицбергене и т. д.) пока совершенно не изучены. Установлено лишь, что они двигаются со скоростью в несколько тысяч метров в год; так, наблюдались случаи перемещения вех на 20 м в день.

ния льдов была северная морская трансгрессия (т. е. временное затопление суши морем), а затем снова надвинулись льды, или, быть может, здесь даже не было предварительного отступления льдов, а последние растаяли в водах наступившего моря.

В Финляндии же, Лапландии, в б. Олонецкой губернии до меридиана восточного берега Онежского озера и в западной части б. Архангельской губернии до г. Архангельска было, как и в Скандинавии, одно непрерывное оледенение.

В Польше, в б. Прибалтийском крае, в б. Витебской и Смоленской губерниях установлен между моренными наносами ясный слой межморенных образований, то есть была одна межледниковая эпоха; при этом в б. Смоленской губернии в трех местах (в б. Вельском, Дорогобужском и Гжатском уездах) найдены залежи древних торфяников, лежащих на валунной глине и покрытых затем наносными отложениями другого ледника, причем в одном древнем торфе открыты остатки бука и вымершего ныне в Европе водного растения *Brasenia pinnatifida*. Эта флора свидетельствует о сравнительно мягком и влажном климате, который был здесь после отступления ледника в первую межледниковую эпоху, а равно и в предледниковую. Бук произрастал в средней части ССР, по крайней мере в центральной ее части.

Весьма интересные находки были сделаны около г. Лихвина б. Калужской губернии, в озерных отложениях на р. Оке, считающихся принадлежащими также к межледниковой эпохе. В определенных слоях этих отложений здесь, по В. Н. Сукачеву<sup>1</sup>, имеются остатки следующих древесных пород: тисса, бука, граба, пихты, ели, дуба и орешника, а также открыты плоды водных растений из рода *Euryale*, отнесенные к двум видам; один из них *Euryale ferox*, как единственный сохранившийся представитель всего рода живет в наше время в тропической и Восточной Азии (Ост-Индии, в окрестностях Пекина, в Японии и Маньчжурии); другой вид описан Вебером, как новый (*Euryale euroraea*), но, по мнению ботаника Б. А. Келлера, он не должен был бы отделяться от предыдущего. Род *Euryale* принадлежит к тому же самому семейству кувшинковых *Nymphaeaceae*, что и наша белая водяная лилия, или кувшинка (*Nymphaea alba* L.), и обитающая в бассейне Амазонки *Victoria regia*.

Такие растения, как *Euryale*, тисс и бук, свидетельствуют о том, что в то время на территории б. Калужской губернии был значительно более теплый и влажный климат по сравнению с современным.

В юго-западной и западной половине Европейской части СССР, по Г. Мирчинку («Послетретичная история равнины Европейской России». Работы Торфяной Академии, вып. I, 1920 г.), было не менее трех, а может быть и четырех ледниковых эпох, из которых предпоследняя, или третья, являлась эпохой максимального оледенения; последнее же оледенение захватывало лишь озерную область; возможно, что это была только остановка отступавшего великого ледника. Каждая из ледниковых эпох, по Мирчинку, характеризуется усилением эрозионных процессов и последующим заполнением долин аллювиальными отложениями; наоборот, межледниковые эпохи, в особенности вторая и третья, характеризуются усилением аккумулятивных процессов (отложение лёсса) в условиях пустынного и полупустынного климата.

В пограничном районе, вытянутом с ЮЗ на СВ и обнимающем б. губернии Могилевскую, Тверскую, Московскую и Ярославскую, а также западные части губерний Владимирской и Вологодской, также, по-видимому, было два оледенения с одной межледниковой эпохой или, по крайней мере, первый ледник оказывал большое влияние своими наносами.

В остальной же части средней, восточной и южной части СССР имеется лишь одна морена, т. е. был только один ледяной покров, надвинувшийся

<sup>1</sup> W. S u k a t s c h e f f. Ueber das Vorkommen der Samen von *Euryale ferox* Salis in einer interglazialen Ablagerung in Russland. Berichte d. Deutsch. Botanisch. Gesellschaft Bd. XXXVI a, Heft 2, 1908.

в тот период ледниковой эпохи, когда Скандинавский ледник имел наибольшее свое распространение на материке Европы; это соответствует времени второго оледенения, если, согласно мнению большинства германских исследователей, принять три оледенения в Германии.

К востоку от Валдайской возвышенности, этого важнейшего водораздела восточной половины Европы, область, обнимающая б. губернии Тверскую, Московскую, южную часть Ярославской, Владимирскую и Нижегородскую, под влиянием этой возвышенности имеет ясно выраженный наклон к востоку, упирающийся в приокскую низменность. В этом же направлении текут и прорезывающие эту территорию важнейшие реки: Волга, отграничивающая ее с севера, Ока, служащая южной границей, Клязьма, Москва-река и др.<sup>1</sup>

Эта восточная котловина на поверхности средней части СССР существовала и в ледниковый период. Ледяной покров, перевалив Валдайскую возвышенность, полз по этой покатоности не на юг, а к востоку, по направлению к устью Оки, а равно по ней стекали и ледниковые воды.

Благодаря этому одновременно с наступанием Скандинаво-Финского ледника в трансгрессировавшем Арало-Каспийском море, дошедшем по левобережью Волги до устьев Камы, образовался на месте Приокской низменности Окский бассейн и вытянутый в широтном направлении большой мелководный морской залив, покрывший своими водами обширное низменное пространство в Чебоксарском, Царевококшайском и Козьмодемьянском уездах б. Казанской губернии и в б. Васильсурском и Макарьевском уездах б. Нижегородской губернии и соединившийся с морем посредством узкого пролива около Казани, по низменному левобережью Волги.

Рассматриваемый среднерусский отток ледника и ледниковых вод к востоку имел, по-видимому, немалое значение в прошедшем в центральной части СССР раздвоении Скандинавского ледника на два крыла—донское и днепровское.

Одновременно с образованием на востоке Окского бассейна, соединявшегося рукавом с морским заливом, в западной части СССР образовалось полесское подледниковое водное скопление, расположенное между Западным Бугом и Днепром. Это чашеобразное, плоскодонное углубление приходится как раз в основании днепровского крыла (языка) бывшего ледника.

По мере таяния ледника, с гор и возвышенностей Польши ледниковые воды неслись на запад, в Полесскую плоскую впадину. Без сомнения, по мере отступления ледника, составлявшего днепровское крыло, туда же стекали и ледниковые воды из этого крыла, разлившись в Заднепровье, за отсутствием свободного выхода.

Таким образом, как аналог Окского бассейна, временно образовался в Полесской котловине обширный водный бассейн, разлившийся также и по левобережью р. Днепра; впоследствии он дренировался посредством Днепра. Посредине Полесской котловины протекает в широтном направлении крупный днепровский приток—р. Припять; кроме того, отчасти дренаж был также и через фарватер р. Березины.

Относительно скорости поступательного движения ледникового покрова надо заметить, что так как первопричиной движения является сила тяжести, заставляющая массу льда сползать по наклонной плоскости, как воду течь по руслу реки, то естественна зависимость этого движения прежде всего от мощности ледяного покрова: чем толще лед, тем быстрее он сползает; вторым определяющим моментом является количество снега, выпадающего за ряд лет и постепенно превращающегося в лед; с уменьшением количества этих осадков уменьшается мощность льда и ослабляется скорость движения ледника.

<sup>1</sup> В пределах лишь б. Московской губернии различие в уровнях западной и восточной окраин губернии, на протяжении около 190 км, доходит до 190 м (от 316 м на западе и около 128 м на востоке).



Что касается мощности Скандинавского ледника, то в Скандинавии она составляла 2 км (2 тыс. м), в Шотландии Дж. Гейки оценивает ее, по крайней мере, в 1000 м. В Северной Германии эта мощность исчислялась первоначально в 800—1000 м.

При исследовании Гренландии, однако Дригальским установлено наличие особенной важности, что при встрече с возвышением происходит языковидное поднятие ледяного покрова вверх по склону, вследствие горизонтального давления напирющей ледяной массы.

Поэтому определения мощности ледяного покрова по одному лишь нахождению северных пород камней на склонах германских гор, на известной высоте над уровнем моря, могут быть крайне преувеличены.

Ввиду этого, производя в последнее время тщательные исследования вопроса о мощности ледяного покрова в Германии, проф. Ф. Фрек пришел к заключению, что в Северной Германии мощность Скандинавского ледника составляла лишь около 200 м, т. е. такую же мощность, какая принята г. Лозинским для Польши, и что в Силезии было всего лишь два ледниковых периода с одной межледниковой эпохой; треть же оледенение имело ограниченное распространение в Померании и Бранденбурге<sup>1</sup>.

Исчисляемую в вышеуказанных величинах мощность льда нельзя не признать весьма значительной при сопоставлении с толщиной современного ледникового покрова. Гренландские глетчеры, представляющие собой величественные образования, оканчиваются у моря стеной льда в 100 м высотой.

Расположенный в Восточной Аляске грандиозный ледник св. Ильи достигает моря с мощностью в 280 м, причем этой громадной толщине соответствует и скорость его движения, далеко превышающая наблюдаемую в Альпах, а именно, по средней линии, до 2,2 м в сутки.

В южной части СССР мощность ледника в днепровском и донском крыльях по мере сползания его на юг постепенно уменьшалась вследствие таяния льда, и у южной окраины обоих крыльев она уже была весьма незначительна, на что указывает меньшая мощность отложенного валунного суглинка; так, в южной части б. Полтавской губернии и на северной окраине б. Херсонской губернии мощность суглинка, по данным геолога Н. А. Соколова<sup>2</sup>, в редких случаях превышает 5 м.

О толщине ледяного покрова в остальной части СССР не имеется прямых данных и приходится судить косвенно. Так как в Сибири, за исключением СЗ угла (Северное Зауралье) и Чукотского края (СВ угол), а также Алтая и Саяна, оледенения совершенно не было, то, очевидно, континентальность страны имела существенное значение и в ледниковую эпоху.

В связи с этим находится и тот факт, что Скандинавский ледник на востоке далеко не дошел до Уральского хребта. Поэтому толщина ледника на восточной его окраине была так же незначительна, как и в южной части СССР.

Еще меньшей мощности ледяной покров был на севере СССР как за ограниченностью там осадков, так и вследствие бывшей во время ледниковой эпохи морской трансгрессии.

Что же касается толщины ледяного покрова в средней части СССР, то можно принять в соображение следующее обстоятельство. Судя по тому, что дойдя до Средне-Русской возвышенности и едва переступив изогипсу 256—267 м над уровнем моря, ледник остановился за слабостью напора и стал направляться в обход этой возвышенности, скользя в понижения с одной стороны к бассейну Днепра, а с другой—к бассейну Дона, где к слабой напиравшей силе прибавилась еще сила тяжести, благодаря которой лед сам собой сползал вниз; надо предположить, что мощность остановившегося на

<sup>1</sup> F r. F r e c k. Ueber die Mächtigkeit des europäischen Inlandeises und das Klima der Interglazialzeiten. В сборнике XI «Congrès géologique international 1910. Stockholm 1912.

<sup>2</sup> Н. А. Соколов. К истории причерноморских степей с конца третичного периода. «Почвоведение», 1904, № 2, стр. 122.

этом возвышении ледника была незначительна—вероятно, в несколько десятков метров.

В обоих крыльях ледяной покров также скользил по склону в силу тяжести и отчасти от действия силы, напиравшей на него ледяными массами в вышних широтах.

Продвижение Скандинавского ледника в южную часть СССР было феноменом однократным. По исследованиям Н. А. Соколова<sup>1</sup>, ледяной покров в обоих крыльях распространился лишь в кульминационный период ледниковой эпохи, когда Скандинавский ледник имел наибольшее свое развитие на материке Европы; это соответствует времени второго оледенения, если согласно мнению большинства немецких исследователей, принять три оледенения в Германии.

Для объяснения причин существования ледниковой эпохи предложено очень много гипотез, которые можно разделить на группы:

1) космические гипотезы, ищущие причину ледниковой эпохи в космических явлениях, как-то: изменение эксцентриситета земной орбиты, изменение наклона земной оси к эклиптике, убыль солнечного лучеиспускания, прохождение солнечной системы через более холодные и более теплые области мирового пространства;

2) теллургические гипотезы, пытающиеся найти причину последнего охлаждения земли в явлениях земных, как-то: изменение в распределении континентов и морей, поднятие и опускание суши, изменение морских течений, изменение содержания углекислоты в воздухе, увеличение водяных паров в атмосфере вследствие вулканических извержений, запыление атмосферы вулканической пылью, перемещение полюсов на земной поверхности, усиление атмосферных осадков при туманном лете и снежной зиме и т. д.;

3) смешанные гипотезы, которые объясняют образование ледниковой эпохи совместным действием космических и теллургических причин.

Уже одно обилие предложенных гипотез говорит о неудовлетворительности научного объяснения явления, и многие ученые откровенно заявляют, что недавнее оледенение обширных пространств суши до сих пор является загадкой, которую человечеству не удалось разгадать, несмотря на самые усердные семидесятилетние изыскания.

Не входя в ближайшее рассмотрение вопроса, отметим лишь немногие климатические моменты, которые определяют самый феномен.

Незначительное понижение температуры земли сказывается по направлению от экватора к полюсам непропорционально резким охлаждением полярных стран, так как количество водяных паров атмосферы в этом направлении, а следовательно, и количество задерживаемых ими тепловых лучей от земли убывает в сильной степени.

Так, в тропическом поясе водяной пар поглощает средним числом 70% тепловых лучей, исходящих от земной поверхности; в средних широтах—45—60%, а в полярных странах—менее 30%.

Поэтому понижение в низких широтах температуры в 1—1,5° сопровождается в полярных странах падением температуры на 5—6°, т. е. таким понижением температуры воздуха, при котором атмосферные осадки в этих широтах падают на землю лишь в твердом виде. Скопление же снегов и льдов в свою очередь способствует дальнейшему понижению температуры окружающего воздуха.

Профессор П е н к и Б р и к н е р в своей работе «Die Alpen im Eiszeitalter» указывают, что понижение температуры на 5° при том же количестве осадков, что и ныне, достаточно для объяснения самого обширного распространения альпийских глетчеров. Того же мнения держится А. Воейков, который полагает, что при этом условии возможно образование глетчеров

<sup>1</sup> Н. А. Соколов. К истории причерноморских степен с конца третичного периода. «Почвоведение», 1904, № 2, стр. 122.

и в других горах. Но, по его мнению, одного этого условия недостаточно для объяснения оледенения обширных пространств в Европе до 49° с. ш. и в Северной Америке до 38° с. ш.<sup>1</sup>

Для образования и развития гигантских материковых ледников преобладающее значение имеет не низкая температура (для чего достаточно температура немного ниже 0°), а высокая влажность воздуха и обильное выпадение твердых осадков.

Северо-восточная Сибирь, несмотря на крайнюю суровость климата (между годовыми изотермами —5° и —10°—полюс холода), лишена ледников; в Норвегии же, имеющей несравненно более мягкий климат (годовая изотерма +5°), а также и более влажный климат и весьма значительное выпадение осадков от близости Атлантического океана (под 60° и 61° с. ш. осадков от 2000 до 3100 мм в год; близ границы Швеции 600—800 мм, а на крайнем севере лишь 325 мм), мы видим ныне обширное распространение глетчеров на горах.

Значительные ледники встречаются в еще более теплых, но притом и крайне влажных странах, так, например, в Новой Зеландии, где южный остров находится между годовыми изотермами +10° и +15°, а также в западной Патагонии.

Наряду с таким понижением температуры в полярных широтах, при котором осадки выпадают лишь в твердом виде, допустив также временное усиление в северном полушарии атмосферных осадков, благодаря стоку в океан нагретой воды из осушенных морей<sup>2</sup>, в скандинавских горах представляются необходимые условия к тому, чтобы здесь год от года накапливались снега и образовались толщи льда, которые произведут вертикальное давление, достаточное для того, чтобы вызвать горизонтальное перемещение ледяных масс от центра оледенения к периферии.

Как уже сказано, в Шотландии толщина льдов определяется минимумом в 1000 м. В Скандинавии мощность ледникового покрова исчисляется до 1,5—2 км, что с прибавлением высоты местных гор составляет возвышение над уровнем моря до 2,5 км—высота, даже превосходящая зону максимальных годовых осадков для северных широт.

По мнению Лукашевича<sup>3</sup>, небольшое общее охлаждение земли, вызванное регрессией моря по окончании горообразовательных процессов третичного периода, резкое падение температуры в полярных странах и наличие огромных масс теплой воды в океанах от вышеупомянутой регрессии—вот те обстоятельства, которые вызвали в плейстоцене обширное оледенение суши. Наличие же теплой воды, по его мнению, могла последовать от осушения бывшего бассейна так называемого океана Тетис<sup>4</sup>.

В дополнение необходимо заметить, что существующие горные ледники спускаются гораздо ниже снеговой линии; так, в центральном Кавказе у нижнего края Цейского ледника растут тамариксы и цветут красивые кипреи; в Новой Зеландии нижний край большого ледника Куковой горы оканчивается, под широтой Флоренции, на высоте всего 215 м, где средняя температура (10°) соответствует венской, а роскошная растительность на окраине ледника состоит из хвойных пород, а также миртового леса с древовидными папоротниками и кардалинами, а недалеко произрастают и арековые паль-

<sup>1</sup> A. W o e i k o f f. Les variations du climat depuis la dernière époque glaciaire; Сборник XI. Congrès géologique international. 1910. Stockholm, 1912, p. 402.

<sup>2</sup> Например, если бы вода Средиземного моря (4 155 000 км<sup>3</sup>), имеющая температуру +13,5°, перелилась в Атлантический океан и охладилась до средней температуры этого бассейна, то она выделила бы количество тепла, достаточное для того, чтобы дать осадков 100 тыс. км<sup>3</sup>, или покрыть площадь в 3 млн. км<sup>2</sup> слоем льда толщиной 24 м.

<sup>3</sup> J. J. Л у к а ш е в и ч. О причинах ледниковой эпохи. «Природа», 1915, июль—август, стр. 959—979.

<sup>4</sup> В третичный период, благодаря горообразующим процессам, осушился огромный бассейн, простиравшийся от Индокитая через Гималаи и Южную Европу до Атлантики, так называемый океан Тетис, воды которого были сильно нагреты и увеличили накопленный ими запас тепла в океанах.

мы; там же, у нижнего края другого ледника растут роскошные полутропические леса с лианами и пальмами.

Богатый осадками морской климат Южной Америки особенно благоприятен развитию ледников, и под широтами от Гамбурга и до Триеста глетчеры спускаются с Анд, едва достигающих здесь высоты 2600 м от уровня Тихого океана, сопровождаясь по склонам высокими лесами антарктических буков (*Fagus antarctica* и *F. obliqua*) и вечнозеленого бука (*Fagus betuloides*) с красующимися цветами фуксии (*Fuchsia coccinea*), всползающей даже на глетчеры, а на скалистых местах вверху растут пинаресы, состоящие исключительно из араукарий, питающих своими орешками индейцев. В буковых лесах колибри и попугаи, которых мы привыкли считать птицами тропических, населяют здесь ледниковые ландшафты (А. З у п а н. «Основы физической географии». СПб, 1900, стр. 184; А. Г р и з е б а х. «Растительность земного шара», т. II, СПб, 1877, стр. 414 и след.).

Столь же резкие контрасты с окружающим ландшафтом должны были существовать также и у южных отрогов Скандинавского ледника, которые колоссальной, слепой силой, напирившей от центра обледенения, продвигались за тридевять земель и достигали, наконец, даже такой физико-географической области, где лед в летнее время представлялся невероятным, редкостным феноменом. Ледяная река текла, так сказать, между чуждыми ей берегами, покрытыми цветущими лугами и лесами.

Поэтому во время кульминационного распространения Скандинавского ледника (т. е. максимального вертикального давления льда в центре оледенения) в южной половине Европейской части СССР были те же четыре времени года, как и в настоящее время, причем зима была много снежнее, весна наступала попозднее, лето не имело палящего зноя, дождевые осадки в течение вегетационного периода выпадали много чаще и их было гораздо больше, чем ныне, и развитие растительности, в частности, летом не только на самом юге, но и между обоими крыльями было, вероятно, цветущим, гораздо роскошнее, чем в последующее время. Это было при наличности нынешнего основного рельефа страны, который сохранился неизменным не только с ледниковой эпохи, что убедительно доказывается удивительной зависимостью распространения ледникового покрова от теперешнего основного рельефа южной части СССР, но и с начала плиоценовой эпохи.

В летнее время ледник в южной части СССР таял и отступал, пополняясь наступанием сверху в остальное время года. Равным образом, и в средней части СССР в более теплое время года, благодаря солнечному теплу и дождям, происходило таяние не только выпавшего за зиму снега, но также и надвинутого ледника; в особенности это было в первую межледниковую эпоху, когда ледник здесь должен был отступать с востока по направлению к западу.

Настала, наконец, пора исчезать великому Скандинавскому леднику с лица земли.

Ось земная, вследствие прецессии, стала так поворачиваться к солнцу, что в северных широтах солнечные лучи сделались менее косыми и день более длинным.

Кроме того, атмосферный воздух стал становиться суше, температура его понемногу подниматься, а количество выпадающих осадков стало убывать.

Ледник начал таять как на южных своих окраинах, так в особенности в северных широтах, в частности в центре оледенения, благодаря чему постепенно ослаблялась и затухала сила горизонтального перемещения льда.

Под ледяным покровом понеслись потоки талых, мутных вод, прерывавшиеся лишь по зимам.

Скорость таяния Скандинавского ледника существенно зависела от его мощности; при той огромной толщине льда, какая была, например, в Шотландии, не говоря уже о Скандинавии, требовалась, разумеется, весьма

большая затрата солнечного тепла на растаивание льда, а следовательно, и продолжительность времени для исчезновения этого ледяного покрова.

В обоих крыльях южной части СССР конец ледника в летнее время, тая сверху и снизу, отступал каждый год, вероятно, на 400 м.

При отступании своем ледник имел продолжительные остановки, т. е. насколько за лето растает льда вместе с выпавшим за зиму снегом, настолько же за год и передвинет его к данному месту сползом из верхних частей ледника; разумеется, чем больше растаяло льда в определенном пункте, тем значительнее здесь сгрудится масса камней, бывших на поверхности и внутри стаявшего льда. Поэтому каждая такая остановка ледника характеризуется оставлением конечной морены, состоящей из массы сгруженных в одном месте валунов, щебня и гальки в виде валов, расположенных поперек движения ледника. В донском крыле продолжительную остановку отступавший ледник, например, имел в пределах б. Воронежской губернии на широте Бутурлиновки Бобровского уезда, где следы конечной морены можно наблюдать в железнодорожных карьерах вблизи ст. Бутурлиновки Юго-Восточных железных дорог.

О скорости отступания ледника в Швеции произведены замечательные исследования стокгольмского профессора геолога Г. Де-Геера (G. De-Geer).

Исходя из мысли, что представляется совершенно невероятным, чтобы периодически повторяющийся сезон таяния материкового льда за год не оставил своей печати на годовом осадке земли так же, как невозможно допустить и периодического роста растительности без отложения годичных слоев древесины на деревьях, Де-Геер, как геолог, еще при первых своих полевых работах в 1878 г. был поражен регулярностью и постоянством нахождения в моренах тонких илистых осадков, которые он называл «полосатым илом» (*hvarfving lera*). Эти периодические прослойки он признал за отпечатки, за след ежегодного отступания края ледника. Дело в том, что краевые потоки отступающего ледника образовали «полосатый ил»; в нем чередуются более толстый и светлый слой с менее толстым и темным слоем. Де-Геер первый догадался, что два таких слоя означают (как в годовом кольце дерева) продукт одного года; толстый слой ила соответствует летнему сильному притоку воды, а тонкий и темный—зимнему, более слабому притоку воды.

Эти годичные наслоения, или «вариг», имеют толщину от нескольких миллиметров до нескольких дециметров, и каждый такой слой тянется на пространстве многих квадратных миль.

Кроме того, другой признак дал ему изучение «оз», которые также имеют ясно выраженную сезонную структуру, при которой центр оза сложен из грубого материала, а периферия его постепенно переходит в более тонкий гравий и песок; при сравнении с севером центр каждого оза соответствует рукоятке веера. Но первому признаку, где только представлялась возможность, отдавалось предпочтение перед вторым.

Итак, годовые слои на лице ледниковых отложений, как на дереве, были открыты. Оставалось найти «прирост» и подсчитать общее число годовых слоев.

Сосчитавши на известном линейном протяжении по направлению отступания ледника число илистых прослоек (*hvarfving lera*) и разделив пройденное протяжение на это число, определялось среднее ежегодное отступление ледника в данном месте. Таким путем была установлена хронология отступания ледника в различных местах Швеции.

В 1905 и 1906 гг. с помощью 20 студентов Стокгольмского и Упсальского университетов было произведено с юга Швеции и до ледораздела в провинции Эмтланд необходимое массовое обследование по различным линиям, общим протяжением до 900 км.

Де-Геер установил, что на юге Швеции (в Skane и Blekinge), а также, вероятно, в Дании и Северной Германии Скандинавский ледник отступал со скоростью около 40 м в год, а севернее этих пунктов—около 100 м; лишь

в районе великих финно-скандинавских морен (58°59' с. ш.) была временная остановка таяния ледника, примерно почти на два столетия.

На севере же Швеции, вплоть до линии водораздела в Эмтланде, отступление ледника шло с изумительной скоростью и регулярностью—около 300 м в год. Значительное количество тепла, получавшегося высокими широтами в период большого наклона эклиптики, заставляет предполагать в нем причину быстрого таяния ледника на севере и делает вероятным, что это таяние льда в Северной Швеции происходило именно во время, очень близкое к максимальному отступлению эклиптики<sup>1</sup>.

Подразделяя время отступления ледника в Швеции на два периода—Готский, охватывающий отступление от южного конца Швеции до финно-скандинавских морен, и Финский, охватывающий область от этих морен до ледораздела на севере Швеции, а также и Финляндии, Де-Геер, применив свою хронологию в работах 1905 г., нашел, что Готский период длился 3 тыс. лет и Финский—2 тыс. лет, а всего время исчезновения ледяного покрова в Швеции составляло 5 тыс. лет.

Для связи эпохи таяния ледника в Швеции с историческим временем Де-Геер в 1909 г. воспользовался исследованием отложений в озере Рагунда (под 63° с. ш.), которое было осушено в 1796 г. В нем образовался глубокий обрыв, вплоть до уровня древнеледникового моря. В нижней части разреза, толщиной 6 м, оказалось 400 прекрасно выраженных ледниковых, илистых слоев и над ними толща послеледниковых отложений в 13 м с менее ясной слоистостью отложений. В общем же, с допущением экстраполяции, Де-Геер полагает, что со времени окончания Скандинавского ледника до наших дней истекло приблизительно 7 тыс. лет.

Следовательно, отступление этого ледника на юге Швеции началось 12 000 лет тому назад<sup>2</sup>.

По вычислениям шведского метеоролога N. Ekholm'a (1899 г.), подтвержденным астрономом Charlier, около 9 тыс. лет тому назад температура должна была достигнуть на севере известного максимума, так как наклон эклиптики был больше, чем в настоящее время, благодаря чему в Каресундо, самой северной метеорологической станции Швеции (68°26" с. ш.), солнце летом непрерывно оставалось на горизонте не 54 дня, как теперь, а 62 дня. Этот период усиленной солнечной радиации длился около 4 тыс. лет и начался, следовательно, около 11 тыс. лет, а окончился около 7 тыс. лет тому назад.

Эти астрономические вычисления, как видно, хорошо согласуются с вышеприведенной геологической хронологией проф. Де-Геера.

Вместе с тем, на основании многочисленных исследований, геологических, палеонтологических, геоботанических, почвенных, физико-географических и других, в настоящее время общепризнано, что с окончанием ледниковой эпохи в северном полушарии установился сухой континентальный климат, который начался еще раньше того и был главной причиной отступления, а затем и полного исчезновения ледяного покрова.

В течение этого сухого климатического периода избыток тепла, против современного, был тем значительнее, чем севернее место, и тем он был меньше, чем ниже географическая широта.

Причина появления этого сухого, теплого климата в северном полушарии (в частности, в большой области, окружающей Атлантику), по-видимому, заключается в изменении отклонения эклиптики.

<sup>1</sup> G. De Geer. A geochronology of the last 12 000 years, pp. 241—253 (с картой отступления ледника в Швеции и таблицей диаграмм). Сборник «XI Congrès géologique international. Compte rendu de la XI session du Congrès géologique international», Stockholm, 1910, premier fascicule. Stockholm, 1912.

<sup>2</sup> В последние годы Де-Геер со своим сотрудником, доктором Antevs, применил свой метод исследования в Северной Америке (Канада) и нашел, что лед отступал здесь в среднем на 75 м в год.

Земная ось, вследствие прецессии, совершает полный оборот в 26 тыс. лет, описывая на небесном своде почти правильный круг, причем через 13 тыс. лет, то есть повернувшись на половину своего полного оборота, ось земли в то время, когда земля ближе всего (а именно на 5 млн. км) к солнцу, отклонена от солнца, и потому зимой в северном полушарии холоднее (а летом теплее), как и теперь<sup>1</sup>.

Через следующие 13 тыс. лет, наоборот, ось земли в то время, когда земля ближе всего к солнцу, летом наклонена к солнцу, и тогда в северном полушарии летом гораздо теплее, а зимой гораздо холоднее, чем теперь, каковой момент, по-видимому, и пережит перед и после окончания ледниковой эпохи.

С исчезновением ледника в Северной Швеции освободившаяся от льда почва, как показывают ископаемые остатки растений, заселилась немедленно древесной растительностью—сосной, березой, осиной, без флоры арктической. Это в свою очередь подтверждает мысль о том, что по стаянии ледника температура на севере стояла высокая.

Наоборот, в Южной Швеции, Дании и Северной Германии, где таяние льда началось раньше Готского периода, а именно, по Де-Гееру, в Датский период, т. е. при температуре более низкой, с большей влажностью воздуха, и шло гораздо медленнее, чем на севере, по мере отступления ледника освободившаяся почва во многих местах сперва покрылась арктической флорой.

В Инграмсдорфе (на пути Бреславль—Фрейбург), в Силезии, где в послеледниковых отложениях найдены остатки многих древесных растений, по исследованиям проф. Гартмана, картина развития растительности была такова.

По отступании ледника в Силезии появилась карликовая береза (*Betula nana*), которая, однако, могла и в ледниковую эпоху обитать у края ледника и потому не является типичной для последующего времени, тем более что арктических видов ив, как *Salix retusa*, *S. herbacea* и *S. polaris*, а равно и *Dryas octopetala*, в Инграмсдорфе не найдено.

Одновременно с обыкновенной березой (*B. verrucosa*) или вслед за ней появилась сосна, наибольшее распространение которой последовало затем в начале более теплого периода. С дальнейшим повышением температуры сосна сменилась дубом (*Quercus pubescens* или *Quercus sessiliflora*), произраставшим сперва примесью к сосне. Судя по величине желудей, инграмсдорфский дуб произрастал при очень благоприятных климатических условиях. Примесью к дубу росли липа, граб, полевой клен, а также орешник и дерн (*Cornus sanguinea*).

В самую сухую пору этого периода вместе с терновником (*Prunus spinosa*) поселился татарский клен (*Acer tataricum*), который потом совершенно исчез в Германии, а вместе с тем исчез и терновник (кроме Инграмсдорфа, татарский клен в ископаемом виде не был найден в Германии, а также и в Венгрии).

Затем появилась ель, пришедшая, по-видимому, с востока, но возможно, что она уже до того обитала на высотах Судета и потом лишь спустилась в равнину.

Эта последовательность заселения древесной растительности в районе Инграмсдорфа вполне согласуется с результатами исследований в других местах. В Норвегии, Швеции и Дании установлен такой же хронологический ряд пород для послеледникового времени: береза, сосна, дуб и ель. Бука совершенно нет в отложениях Инграмсдорфа. Ф. П а к с (*Pax*) уже ранее в отношении Верхней Венгрии открыл тот факт, что появление бука относится к сравнительно очень позднему времени.

<sup>1</sup> Мы в северном полушарии, вследствие наклона земной оси к эклиптике, получаем зимой более косые лучи солнца и имеем более короткий день; таким образом, на каждый квадратный метр нашей части земной поверхности приходится в течение дня гораздо меньше тепла и потому у нас холоднее.

Для южных склонов Карпат хронологический ряд деревьев представляется тот же, что для Северной Европы и Силезии.

Равным образом, в Верхней Венгрии (по Паксу), после отступления ледника, появилась ель, в соответствии с некоторым понижением температуры и большей влажностью климата нашего времени.

По палеонтологическим исследованиям Р. Герлинга (1897 г.) в Финляндии, в северном округе Satakunda, получились общие выводы относительно истории развития послеледниковой растительности, вполне согласные с теми, какие установлены Стенструпом (Steenstrup) для Дании, а Натгорстом (Nathorst) и Андерсоном (G. Anderson) для Швеции. В исследованной местности дриасовая зона представлена лишь Diatomaceae, которые указывают на холодное, соленое Иолдиево море. Далее, был период березы (*Betula verrucosa*) и осины вместе с водяникой (*Empetrum nigrum*). После того следовал период сосны, представленный здесь не так ясно; он был богат сильными ветрами, поднимавшими рыхлый песок.

Затем постепенно климат сделался более мягким и был, может быть, теплее нынешнего, что доказывается многочисленными георастительными остатками, которые принадлежат к формам, теперь уже частью вымершим и частью имеющим ныне гораздо меньшее распространение; таковыми являются *Corylus avellana*, *Ulmus montana*, *Viburnum opulus*, *Lycopus europaeus* и т. д. Так как этот период аналогичен периоду дуба в Дании и Швеции, но лежит вне области дуба, то Герлинг назвал его для исследованной местности периодом ильма (*Ulmus montana*). Пощеобразные леса из липы (*T. ulmifolia*) и черной ольхи (*Alnus glutinosa*) имели в это время большое распространение. В конце этого периода страна получила все свои лесообразователи, за исключением ели, которая лишь мало-помалу затем расселилась здесь. Но, наконец, ель захватила те места, которые были заняты вышеназванными лиственными лесами. Период ели подразделяется на два подпериода: 1) *A. glutinosa* встречалась в изобилии и сфагновые болота с качающимся покровом покрыли склоны гор, и 2) *A. glutinosa* почти исчезла и болота перешли в торфяники (*sphagneta*). Во время первой половины елового периода климат стал более неблагоприятен, чем был во время ильмового периода («Лесной журнал», 1897 г., № 4, стр. 723—724).

В противоположность Западной Европе на территории русской равнины за отступавшим ледником следов тундровой и полярной растительности нигде не обнаружено, за исключением единичных пунктов на западной окраине равнины (Кунда в Эстляндии, Титтельминде в б. Курляндии, Режица в западной части б. Витебской губернии, где в торфяниках найдены остатки *Dryas octopetala*, *Salix polaris*, *Betula nana* и другие представители полярной флоры).

Вместе с тем в Западной Европе прочно установлего, что после окончательного отступления великого Скандинавского ледника в Германии, Бельгии, Дании, Франции и Англии имели большое распространение степи, и, как выяснено многочисленными исследованиями Неринга по палеонтологическим находкам в лёссовидных отложениях, там жили роющие животные, считающиеся свойственными степям, как-то: земляной заяц, суслик, байбак и др.; затем степи уступили свое место лесной формации; причину этой смены формации Неринг и другие усматривают в изменении в сторону влажности климата, который в эпоху степей Западной Европы был более сухой, континентальный, чем в настоящее время. Местами черноземовидные почвы, широко распространенные в степную эпоху, сохранились в Западной Европе и до настоящего времени (например, около Магдебурга).

Остановимся несколько на хронологическом ходе обнажения земли изпод Скандинавского ледника в Европейской части СССР.

В Финляндии, б. Олоонецкой губернии и западной части Архангельской губернии, как в Скандинавии, ледник исчез 7—9 тыс. лет тому назад (по ДеГееру, в Финский период).



Согласно составленной Де-Геером вышеупомянутой карте отступления ледника в Швеции, Финляндии и на южном побережье Балтийского моря, в б. Прибалтийском крае, в б. Ковенской, Сувальской и Виленской губерниях, ледник исчез во время Готского периода, то есть около 9 тыс. лет тому назад, начавши отступать 12 тыс. лет тому назад.

Скандинавский ледник на территории Европейской части СССР исчезал в направлении с юго-востока на северо-запад. При этом отступании ледника были довольно длительные остановки, когда ледник пребывал в стационарном состоянии, то есть сколько за летнее время растает лед, настолько же его за зиму надвинется. При этом стационарном состоянии валуны, камни, обломки горных пород и земляная масса, находившиеся как на поверхности ледника, так и в толще его, при растаивании льда образовывали на земной поверхности значительно сгруженные отложения, в виде конечной морены.

Эти конечные морены в своей совокупности составили так называемую великую моренную гряду. Это весьма длинная возвышенная полоса, тянущаяся из Западной Европы недалеко от Куришгафа (в Восточной Пруссии) от устья Вислы через всю северо-западную часть Европейской части СССР в направлении с юго-запада на северо-восток и заканчивающаяся к северо-востоку от г. Архангельска близ Мезенской губы; при этом конечная моренная гряда под 60-й параллелью делает на своем пути крутой поворот к северу и сопровождается вытянутыми в меридиональном направлении озерами Кубенским, Вожа и Лача.

Великая моренная гряда представляет собой конечный моренный вал, сильно измененный впоследствии денудационными процессами.

Это крупный этап—остановка Скандинаво-Русского ледника после стаяния двух его южных крыльев.

По верному замечанию географа В. Семенова-Тянь-Шанского<sup>1</sup>, великая моренная гряда—это типичный памятник остановки Скандинавского ледника при его отступлении с территории Европейской части СССР в теперешней лесной области, в недалеком расстоянии от современной северной границы степной области.

Южная, восточная и остальная часть средней части СССР обнажилась из-под тонкого ледяного покрова, вероятно, в Датский период, то есть свыше 12 тыс. лет тому назад. При этом в средней полосе Европейской части СССР ледник, исчезая в направлении с востока на запад, обнажил землю в центральной части этой полосы СССР, по-видимому, тысяч 10 лет тому назад, а в западной части, где мощность ледника была весьма большая, это обнажение, как уже сказано, началось лишь около 12 тыс. лет тому назад и окончилось около 9 тыс. лет тому назад.

Что же касается северной полосы Европейской части СССР (за исключением б. Олонецкой и западной части б. Архангельской губ.), то ввиду высокой солнечной радиации и незначительной толщины ледяного покрова земля здесь освободилась из-под этого покрова, вероятно, также в Готский период (9 тыс. лет тому назад).

Таким образом, во всей южной, восточной и большей части средней части СССР земля была уже совершенно свободна от льда около 12 тыс. лет тому назад, то есть примерно за 2 тыс. лет до времени максимального наклона эклиптики.

Мощные водяные потоки, образовавшиеся при таянии отступавшего Скандинавского ледника, направлялись вдоль современных речных долин, которые намечены были, по-видимому, уже и в доледниковый период. Эти потоки отложили вдоль речных долин большие толщи осадков, носящие название флювиоглациальных (ледниково-речных) отложений.

<sup>1</sup> В. Семенов-Тянь-Шанский. Типы местностей Европейской России и Кавказа. Очерк по физической географии в связи с антропогеографией. Записки Русского географического общества по общей географии, т. III, Петроград.

Отложения эти слагаются преимущественно песками, в нижних слоях подстилаемыми гравием и галькой северных кристаллических пород.

Почти по всей периферии великого ледника флювиоглациальные пески, имеющие мощность иногда до 20 м и больше, занимают в разных местах Европейской части СССР огромные пространства; так, по правобережью верхнего бассейна Днепра знаменитое Полесье (б. Минская и Волынская губернии, части б. Киевской и Черниговской губерний), затем низовья Оки, где был Окский мелководный бассейн с проливом в морской залив Арало-Каспийского моря (б. Казанская, Нижегородская, Владимирская и Тамбовская губернии), низовья Западной Двины и побережье Рижского залива (б. Прибалтийский край); кроме того, затоплявшиеся Каспийским морем низовья Волги (б. Астраханская губерния), левобережье Дона с его притоками (Воронежская губерния и область Войска Донского) и т. д.

Флювиоглациальные пески на значительных пространствах, особенно в центральной части СССР, покрыты безвалунной глиной, которая представляет собой, по-видимому, также осадок из вод ледниковых потоков, не вмещавшихся в русла тогдашних рек и широко разливавшихся по водоразделам, когда ледник уже отступил на север на такое значительное расстояние (до великой моренной гряды), что ледниковые воды не могли даже доносить песка и прочего крупнозернистого материала, а только лишь «муть».

Ввиду наступившей сухости континентального климата обсохшие пески начали развеваться восточными ветрами; от действия этих ветров происходили сперва огромные перемещения песка с образованием высохших барханов, обращенных своими дугами на запад, причем восточный склон барханных бугров образовался пологий с уплотненным песком, а обращенный к западу крутой с рыхлым, осыпающимся песком.

Развеваящиеся пески засыпали более пониженные местоположения и покрыли местами довольно значительной толщей отложения вышеупомянутой безвалунной глины на склонах водоразделов.

Геолог П. А. Тутковский и, обстоятельно исследовавший сотни барханов в Полесье и изучивший данные других исследователей как в СССР, так и за границей, доказал, что песчаные барханы как в Полесье и других местностях СССР, так и в Западной Европе образовались в послеледниковую эпоху при условиях пустынного климата от действия восточных ветров, и опубликовал по этому предмету капитальный труд: «Ископаемые пустыни северного полушария», М., 1910 (приложение к журналу «Землеведение» за 1909 г.).

Отмечая широкое распространение ориентированных дугами на запад песчаных барханов в Полесье, Поволжье, Окском крае, в Германии и других местах, П. А. Тутковский говорит в своем труде: «Очевидно, не местные, не случайные причины создали такое полное сходство, такое тождество эоловых нагромождений от Поволжья до Рейна, а грандиозные процессы, связанные с отступанием великого ледникового покрова, великие, как и этот покров; созданные им бесчисленные ряды барханов—не минутные шалости ветра, а величественные памятники великих послеледниковых пустынь зоны развевания, не случайный каприз природы, а закономерное неизбежное последствие умирания великого ледника, его могучего прощального вздоха» (idem, стр. 276). Звучащие здесь лирические нотки объясняются тем обстоятельством, что, по Тутковскому, в соприкасавшейся с отступавшим ледником зоне развевания было образование песчаных барханов, а одновременно с тем в прилегающей с юга зоне навевания происходило из навеваемой глинистой пыли образование лёсса или желтозема, т. е. того мелкозернистого, мучнистого, неслоистого, более или менее известковистого суглинка, палево-желтого цвета, способного отваливаться вертикальными стенками, который составляет подпочву (под черноземом) в современной степной полосе, окаймляющей область оледенения, а севернее покрывает местами и валунные отложения.

Некоторые исследователи, впрочем, сомневаются в золотом образовании лёсса и объясняют его происхождение водным путем. Как бы ни смотреть на механизм образования лёсса, отложение его толщ, бедных перегноем и окрашенных в палево-желтый цвет, могло происходить только при условии сухого пустынного климата.

Движение песков затем постепенно остановилось закреплением их степной растительностью. Позже степная растительность была вытеснена сосновыми лесами, распространившимися на водоразделах из речных долин. Эти леса завоевали себе не только песчаные площади, но расселились по водоразделам также и на местах, покрытых безвалунной глиной. Таким образом, песчаные и суглинистые почвы на значительных пространствах покрылись более или менее сплошными сосновыми лесами.

Наряду с песками, следы ледникового периода выражаются отложениями в виде удлинённых моренных гряд или холмов. Большинство морен в каждом районе ориентировано в определенном направлении. Несмотря на последовавшую затем денудацию, своей вытянутостью моренные гряды, как мощные стрелки на лице современной земли, указывают и в наши дни тот путь, то направление, в каком происходило в данном месте движение великого Скандинавского ледника, и в этом отношении они представляют ценный документ, ожидающий специального исследования, которое должно расшифровать эти тайны ледниковой эпохи.

Ледниковые отложения характеризуются своеобразными признаками, отличающими их как от морских и пресноводных, так и от других наземных образований. По составу своему моренные отложения представляют собой преимущественно так называемую поддонную морену, т. е. принесенную ледником в нижних его слоях глинистую массу, которая получила с истирания в тонкий ил тех горных пород, по которым полз ледник; кроме того, в состав их входят скопления камней, гальки, щебня и прочего обломочного материала, выносившегося ледником в виде боковых или срединных морен (когда два глетчера ползли, соединившись вместе); этот обломочный материал по растаянии ледника смешивался с поддонной мореной в одну общую массу без всякого порядка и сортировки, образовав гряды или холмы.

Более крупные камни, называемые валунами, бывают несколько обточены и имеют иногда на своей поверхности полировку или шрамы, или сохраняют свою первоначальную обломочную форму. Валуну состоят из принесенных с далекого севера (Скандинавия и Финляндия) гранитов, диоритов, кварцитов, песчаников; в области окско-донского крыла оледенения они состоят также из каменноугольных известняков и юрских песчаников, доставленных из подмосковного района, равным образом, в состав их входят и местные породы, выпавшие краем ледника; в бассейне верховьев Днепа и Западной Двины в составе валунов местами преобладают известняки и кремни каменноугольной и девонской систем—коренных горных пород данной местности.

Более мелкий обломочный материал (камни и горный щебень) имеет то же местопроисхождение, что и валуны.

В области, ближайшей к центру оледенения (северо-западная Финляндия), где мощные ледники сохранялись все время в течение ледниковой эпохи памятниками этой эпохи уцелели многочисленные и наиболее обширные размеры морены, тянущиеся с СЗ на ЮВ в виде гранитных кряжей, выглаженных ледником («бараньи лбы»).

Кроме того, на поверхности горных скал имеются борозды, которые произведены камнями, вмерзшими в двигавшийся лед. С юга эти кряжи окаймлены в Финляндии двумя параллельными конечными моренами или озерами, тянущимися в северо-восточном направлении несколько севернее Финского залива (от мыса Ганге) и озер Ладожского и Онежского. Ложбины между ними и другими моренами заняты прихотливо извивающимся лабиринтом множества удлинённых озер, усеянных бесчисленными островами.

Многочисленные полуруки между этими озерами, скорее похожие то на суживающиеся, то на расширяющиеся проливы между последними, не успев еще выработать своего ложа, нередко срываются с большим уклоном, образуя многочисленные водопады (Иматра и др.). Это самый молодой по времени памятник ледника, который сохранился здесь дольше всего.

Затем возвышенная западная часть средней полосы Европейской части СССР довольно резко выделяется своим ярко выраженным озерно-моренным ландшафтом. Она окаймлена с юга вторым поясом характерных памятников ледниковой эпохи в виде конечных морен более древнего происхождения, тянувшихся параллельно двум финским конечным моренам.

В этой части замечательная по богатству озер зона тянется от б. Новгородской через б. Тверскую, Псковскую, западную часть Смоленской, Витебскую, Виленскую, Ковенскую губернии, Привислянье и переходит в возвышенную озерную систему (Seenplatte) Восточной Пруссии.

В этой зоне многие уезды насчитывают по 150—170 озер (не считая мелочи), в том числе заключаются значительные озера, как Селигер, площадью 260 км<sup>2</sup> (а без 169 островов 222 км<sup>2</sup>), являющееся одним из крупных озер в Европе.

Эта озерная зона орографически связана с очень важным водоразделом между Балтийским, Черным и Каспийским морями, питаая истоки главнейших наших рек—Волги, Днепра и Зап. д. юй Двины.

Большинство этих озер, в том числе и Селигер, по сообщению Д. Н. Анучина, детально исследовавшего эту область, вытянуто в направлении с СЗ на ЮВ и ЗСЗ на ВЮВ (или с ССЗ на ЮЮВ), т. е. по направлению движения Скандинаво-Финского ледника, оставившего при своем отступании в изобилии значительные моренные гряды; в долинообразных котловинах или впадинах этих гряд и заключаются озера и болота, являющиеся также характерными спутниками моренного ландшафта. Реки здесь уже успели выработать свое ложе настолько, что вместо когда-то существовавших водопадов остались на реках только пороги. (Д. Н. Анучин. «Верхневолжские озера и верховья Западной Двины». Рекогносцировки и исследования 1894—1895 гг. Труды экспедиции для исследования источников главнейших рек Европейской России под руководством А. А. Тилло. Москва, 1897, стр. 19 и 97.)

В указанной водораздельной области, в пределах б. Новгородской и Тверской губерний, помимо многочисленных моренных гряд, поразительно широко распространены громадные глыбы из кристаллических пород Финляндии, разбросанные в бесчисленном количестве на поверхности земли, у ложа рек, озерах, болотах и на самых высоких моренных холмах (на высоте 303 м над уровнем моря).

Далее, третий пояс памятников, еще более древнего происхождения, составляет на русской равнине проходящая из Западной Европы великая моренная гряда. По В. Семенову-Тянь-Шанскому<sup>1</sup>, в реке Волге в плесе между Ярославлем и Рыбинском в нескольких местах, поперек или наискось течения реки, лежат на дне ее гряды больших валунов, уходящие в берега; одна из таких гряд залегает поперек Волги в самом г. Ярославле. При сильном обмелении Волги, бывающем в засухливые годы, валуны в некоторых из этих гряд выступают на дневную поверхность.

Во втором поясе конечных морен точно такие же гряды валунов, называемые «порогами», встречаются в Западной Двине, затрудняя плотовой сплав леса не только в мелководье, но и при весеннем половодье, так как некоторые камни не заливаются последним.

Гряды валунов имеются и на дне многих верхневолжских и западно-двинских озер, причем моренные гряды образуют даже и острова на этих озерах.

<sup>1</sup> В. Семенов-Тянь-Шанский. Типы местностей Европейской России и Кавказа. Очерк по физической географии в связи с антропогеографией. Петроград, 1915.

В б. Московской и других губерниях на выпавших ледником обнажениях твердых пород, например на каменноугольном известняке и юрском песчанике (близ Лыткарина), встречаются характерные борозды, оставленные двигавшейся по поверхности этой породы толщей ледника, которая чертила эти борозды торчавшими из-под нее вмерзшими в лед камнями.

По мере удаления от центра оледенения с приближением к окраинам бывшего ледникового покрова, где последний был не столь мощный и оставался менее продолжительное время, морены становятся сравнительно малочисленны и оглажены последующими смывами, и эти следы бывшего оледенения может порой распознать только опытный глаз геолога, способный в речной гальке и мелких камешках определить принадлежность их к горным породам далекого севера. В б. Воронежской и других губерниях центральной части СССР, захваченных бывшим ледником, отложения моренной глины редко выступают на дневную поверхность: она на больших площадях прикрыта бурой безвалунной глиной, которая иногда так тесно сливается с валунной (моренной), что границы между ними провести невозможно.

Эта безвалунная глина, по мнению проф. К. Д. Глинки, представляет отчасти, быть может, ту более иловатую, лишенную крупнозернистых элементов массу, которая заключалась в более высоких горизонтах бывшего ледникового покрова, отчасти она образовалась путем отложения мути из ледниковых вод или путем перемывания вторичного отложения водами иловатых частиц моренной глины<sup>1</sup>. Иногда между толщами моренной и безвалунной глины вклиниваются осадки небольших заболоченных блюдеч и линз, несущих погребенные болотные почвы и ископаемый торф; тут же наблюдаются и остатки раковин пресноводных моллюсков. (Проф. К. Д. Глинка. «Геология и почвы Воронежской губернии». Библиотека сельского хозяйства Воронежской губернии под редакцией С. Н. Чайнова, № 4, Воронеж, 1921, стр. 20.)

После отступления ледника обнаженная поверхность, состоявшая из хаоса рыхлых моренных накоплений, не сразу покрылась травяным покровом. Часть поверхностной земли, обсохнув, продолжала пребывать голой, причем на склонах холмов и их вершинах, подверженных действию ветров, происходило сдувание пылевых частиц, которые в виде атмосферной пыли отлагались на местах, покрытых уже травянистой растительностью, из года в год постепенно образуя слои лёсса, который погребал под собой как наземную флору, так и животных обитателей суши (раковины и т. д.). Северная граница лёсса в Западной Европе и в южной части СССР почти совпадает с южной границей ледниковых отложений, лишь местами переходит на эту границу отдельными островками, а к югу от этой границы лёсс почти сплошь покрывает все пространство южной части СССР до Черного моря и предгорий Кавказа.

Находясь в тесном соотношении с распространением ледниковых отложений, лёсс в Европе давно уже закончил свое образование и местами даже значительно изменился, например, в средней части СССР под влиянием влаги и растительности он превратился с поверхности в чернозем, а в других местах в так называемую лёссовидную глину или лёссовидный суглинок. Этими особенностями наш лёсс резко отличается от азиатского лёсса, который не закончил своего образования и продолжает накапливаться до сих пор не из моренных отложений, а из каменистой и песчаной пустыни.

Все свойства лёсса свидетельствуют об его эоловом происхождении. Он представляет собой уплотненную атмосферную пыль. Лёсс как в Западной Европе, так и в южной части СССР, несомненно, связан с ледниковой

<sup>1</sup> Из вышеуказанных трех источников, последний, т. е. путь перемывания и вторичного отложения водами ила из валунной глины, представляется нам наиболее вероятным, так как в южных широтах еще до стаяния ледника, как уже сказано, в летнее время были часты дожди, о чем свидетельствует и сильная сглаженность, почти полная выравненность здесь моренных наносов, по сравнению с б. северными губерниями (Новгородской и др.).

эпохой. По отношению к Европе и Северной Америке приложима гипотез Тутковского. Эта гипотеза представляет первую попытку объяснить возможность накопления лёсса при помощи ветра в конце ледникового периода в Европе и в Северной Америке. По мнению Тутковского, над ледником должен быть почти постоянный барометрический максимум, а значит обширный малоподвижный антициклон, от центра которого исходили постоянные сухие ветры, или, так называемые Тутковским, фёны ледникового периода, направлявшиеся к периферии и уходившие далеко за пределы ледника. Фёны эти производили развевание и отложение; однако деятельность их была ничтожна во время наступания и стационарного состояния ледника, когда у окраин его было много влаги и растительности, но значительно увеличивалась во время отступления ледника, когда поверхность, освободившаяся из-под льда, представляла совершенно пустыню, состоявшую из рыхлых моренных накоплений и предледниковых песков, лишенных растительности.

По мере отступления ледника эта пустыня расширялась и представляла пояс развевания для сухих ледниковых фёнов, которые, с одной стороны, нагромождали барханные пески в дюны, а с другой—уносили атмосферную пыль к югу, юго-западу и юго-востоку за пределы пояса развевания, где из нее формировался пояс навевания, или отложения лёсса. Протяжение этого пояса было гораздо обширнее пояса развевания, потому что пределы его простирались или до встречных горных краёв—Пиреней, Альп и Кавказа, или до больших водных бассейнов—Черное и Азовское моря, или же до солёных пустынь без фиксирующей степной растительности, например прикаспийской; тогда как пояс развевания ограничивается только площадью открытой поддонной морены. Следовательно, при отступании ледникового покрова вообще в Европе, а в частности в СССР, происходили процессы, вполне аналогичные процессам Средней Азии, несмотря на значительные климатические различия этих стран. Одинаковые процессы производили одинаковые результаты, выразившиеся в отложении типичного лёсса, который как по составу, структуре, так и по характеру залегающих и условий географического распространения в Европе совершенно одинаков с азиатским и отличается от него только меньшей мощностью. Это отличие объясняется различной продолжительностью периода напряжённой эоловой деятельности в Европе и Средней Азии; в первой период этот был гораздо короче, чем во второй. В Европе, как и в Северной Америке, он совпадал только с периодом отступления ледникового покрова; ни до него, ни во время развития его и, наконец, ни после исчезновения его не было условий, благоприятных для эоловой деятельности. С исчезновением ледника прежде всего прекратились постоянные сухие фёны, которые сменились различными другими ветрами, приносившими на обнажённую моренную поверхность, или пояс развевания, влагу и способствовавшими постепенному расселению травяного покрова, что, разумеется, мало-помалу ослабляло развевание, а значит и накопление лёсса, пока, наконец, совершенно не прекратились эти процессы, уступившие место другим, продолжающимся до сих пор и давшим новые отложения.

В Азии, напротив, эоловые агенты начали свою работу, вероятно, еще до наступления ледниковой эпохи, не прекращали ее в течение этой эпохи и энергично продолжают ее до настоящего времени; следовательно, период их деятельности в Средней Азии несравненно продолжительней, а значит и толщи лёсса должны быть гораздо более мощными, чем в Европе, что вполне согласно с действительностью.

Такова в общих чертах гипотеза Тутковского о происхождении лёсса. Если только допустить присутствие постоянного антициклона над обширным ледником, то все остальное представляется неперенным следствием этого антициклона, т. е. появление сухих фёнов на периферии ледника, энергичное проявление работы их во время отступления, образование моренной пустыни, как пояса развевания, откуда пыль переносилась и отлагалась в пределах

пояса навевания. Эта гипотеза разъясняет связь лёсса с ледниковыми отложениями и географическое распространение его.

В Европе и Северной Америке деятельность эоловых агентов лесообразования ограничивалась только периодом отступления ледника, отсюда разницы в мощности толщ лёсса. В Азии лёсс производят каменистые и песчаные пустыни, а в Европе его породила ледниковая морена, или, как говорит Тушковский о плодороднейших лёссовых степях: «Из хаоса льдов и камней возникали цветущие степи и поля, из ледящего царства смерти родилась новая могучая жизнь».

При исчезновении ледникового покрова в Скандинавии и Финляндии земная кора в этой области испытала перемещения, связанные с образованием Балтийского моря. Восточная часть Скандинавского материка вместе с частью Финляндии и прилегающей к ней с востока смежной суши опустилась ниже уровня моря, причем образовалось «позднеледниковое ледовитое море», или так называемое Иолдиево море, названное так по находимым в его осадках раковинам арктического моллюска (*Joldia arctica*), живущего ныне в Ледовитом океане, Карском море, в холодной области Белого моря.

По мнению шведских ученых, этот морской бассейн на юге Швеции имел открытое сообщение с Атлантическим океаном, покрывал значительную часть Финляндии, причем заходил южнее нынешнего Финского залива, и сообщался с Белым морем, простираясь через область современных Ладожского и Онежского озер.

Благодаря последовавшему затем поднятию Финноскандии осадки, образовавшиеся на дне Иолдиева моря, оказались приподнятыми над уровнем моря, в особенности внутри Финляндии, местами до 200 м над уровнем моря. При совершившемся поднятии суши размеры Иолдиева моря значительно сократились, причем открытая связь этого моря с океаном на западе а равно и на востоке прекратилась; в конце концов, на месте Иолдиева моря образовался обширный пресноводный (или почти пресноводный) бассейн занимающий часть Швеции, Финляндии, б. Остзейского края, Ладожское побережье и пр., так называемое Анцилюсово озеро с характерной раковинно-моллюска *Ancylus fluviatilis*. Существование этого бассейна приурочивают главным образом уже к послеледниковому времени. Господствовавший в начале арктический климат сменился более умеренным, судя по относимым к этому времени остаткам растительности—осины, березы и сосны.

На смену этого пресноводного бассейна затем возник снова морской бассейн, благодаря образовавшемуся с запада сообщению с океаном на пространстве между нынешней Данией и Швецией. Очертания этого морского бассейна соответствуют в общем очертанию нынешнего Балтийского моря с той разницей, что размеры его были несколько больше в области Ботнического и Финского заливов, а равно местами оно простиралось и южнее, причем современное Ладожское озеро соединялось с Финским заливом при помощи узкого пролива, оставаясь, однако, по-видимому, пресноводным. Этот морской бассейн называют Литториновым морем, по главному ископаемому моллюску *Litorina litorea*. По остаткам населявших это море организмов думают, что Литториновое море отличалось, хотя бы местами, более соленым характером, чем нынешнее Балтийское море, а равно было более теплым. По крайней мере, к этому времени приурочивают широкое распространение дуба в Южной Швеции и отчасти в Финляндии (по Натгорсту, Андерсону и др.), а равно более высокое, чем ныне, положение снеговой линии в горной области Норвегии, по данным Рекштада (1903 г.).

В параллель с этим можно отметить, что исследования фиорда Христиании и прилегающих местностей также приводят ученых к выводу, что современный геологический момент сопровождается понижением температуры воздуха для данной местности; так, по Берггеру (1901 г.), годовая температура в районе фиорда Христиании раньше равнялась 8—9° вместо нынешней 6—7°, как то позволяют предполагать остатки организмов, отн

симых приблизительно ко времени существования на востоке Литторинового моря<sup>1</sup>.

В самом же конце ледниковой эпохи на северо-востоке Европейской части СССР земная кора испытала также перемещения, обусловившие наступление Ледовитого океана на очень обширную область примыкающей к нему суши.

Трансгрессией Ледовитого океана, или «бореальной морской трансгрессией», был затоплен, за исключением Тиманского кряжа, весь северо-восток Европейской части СССР, т. е. печорский, мезенский и северо-двинский бассейн, почти до 61° параллели (близ верховья р. Камы).

Эта область привлекала к себе внимание ученых со времени Мурчи и Кайзера и Гинга. По исследованиям акад. Ф. Чернышева, собравшего особенно значительный материал из области бореальной трансгрессии, морские осадки, образованные этой последней, находятся ныне местами на 150 м над современным уровнем океана<sup>2</sup>. Собранные разными исследователями остатки фауны, населявшей обсохшее теперь обширное море, изучены подробно зоологом Н. Книповичем, который пришел к тому заключению, что, судя по общему характеру данной фауны, усохшее море, некоторое время, а именно в момент наибольшего его распространения, было сравнительно теплым, даже более теплым, чем нынешнее Белое море и чем море у берегов Мурмана (где ныне имеются незамерзающие берега). В конце же своего существования это море, сильно сократившись в своих размерах, сделалось более холодным.

Выше осадков, вызванных этой великой бореальной морской трансгрессией и налегающих на отложенную Скандинавским ледником моренную глину, в бассейне Северной Двины залегает опять пласт валунной глины, указывающий на вторичное, меньшее по размерам, чем первое, надвигание ледника с запада, последовавшее вслед за поднятием морского дна и отступанием моря. Морские отложения того же, вероятно, возраста, не покрытые сверху мореной, имеют широкое распространение восточнее северо-западного бассейна в бассейнах рр. Мезени и Печоры.

Поэтому отложения «бореальной морской трансгрессии» причисляются исследователями (В. Амолицким, К. Колосовичем и др.) к «межледниковой эпохе» и по той же причине границу второго оледенения (по общему же счету — третьего) проводят теперь на севере СССР между рр. Северной Двиной и Мезенью, согласно мнению Рамза (Ramsay)<sup>3</sup>. Однако не все исследователи согласны с толкованием наблюдаемых фактов, и относительно наличности двойного оледенения на севере СССР продолжает существовать у некоторых сомне-

<sup>1</sup> С вышеописанными изменениями режима Балтийского моря произошли любопытные эволюционные перемены в морфологии некоторых представителей населяющей его фауны. Так, на одной из рыб проф. Л. С. Берг констатировал филогенетический атавизм, или возвратную эволюцию к состоянию предков, в связи с изменением физико-географических условий среды. В позднеледниковое, или иолдиевое, время, когда теперешнее Балтийское море, как уже сказано, соединялось с Белым морем, в нем жила рыба — четырехрогий бычок (*Muoxoscephalus quadricornis* L.), отличающаяся, как видно из названия, присутствием четырех костяных бугров на голове. Когда в анциловое время Балтийское море превратилось в пресное озеро, четырехрогий бычок испытал изменения; он превратился в реликтовую форму (*relictus*), лишенную бугров на голове. Остатки этой формы найдены в ископаемом состоянии к северу от озера Мелар, в Швеции, а в озерах Веттер, Венер и Онежском она живет до сих пор. Затем в литториновое время Балтийское море, соединившись с Атлантикой, опять осолонилось, и эта реликтовая форма снова вернулась в свое первобытное состояние четырехрогой формы; в таком виде она существует и по настоящее время в Балтийском море (Л. С. Берг. О распространении рыбы *Muoxoscephalus quadricornis* из семейства Cottidae и о связанных с этим вопросах. «Известия Академии наук», 1916, стр. 1343—1360).

<sup>2</sup> Ф. Чернышев. Aperçu sur les dépôts postertiaire etc. Congrès international archéolog. Moscou, 1892.

<sup>3</sup> W. Ramsay. Über die geologische Entwicklung der Halbinsel Kola in der Quartärzeit. Fennia 16 (1898 г.) «Über die Einwanderung von *Ioldia arctica* ins Weisse Meer». Записки Пот. общ. 1906. В. Амалицкий Труды СПБ, общ. естествознания. XXX, вып. 1, 1899. К. Колосович. Материалы для геологии России, т. XII, 1900.



ние. По мнению А. Карпинского, с исчезновением ледникового покрова, препятствовавшего этой трансгрессии, быстро наступившие воды Северного океана произвели в северо-двинском бассейне тот замечательный разрыв ледниковых отложений, который указан геологом Ф. Чернышевым.

Крайний север Европейской части СССР по самой северо-западной окраине его покрывался морем также и в послеледниковое время, хотя на несравненно меньшем пространстве, чем раньше—в период Бореальной трансгрессии. Сохранившиеся от этих позднейших трансгрессий осадки (на Мурманском берегу и др.) содержат в себе следы такой фауны, которая, по мнению Книповича, свидетельствует, что в послеледниковое время средняя температура моря была несколько выше современной, по крайней мере у Мурманского берега. По этому поводу Н. А. Богословский делает, по-видимому, совершенно верное сопоставление, говоря: «Не совпадает ли этот момент поднятия температуры на нашем севере с аналогичным явлением в области Скандинавии за время существования там теплого Литторинового моря?».

Одновременно с великой Бореальной морской трансгрессией на северо-востоке Европейской части СССР произошла также Арало-Каспийская трансгрессия, которая сопровождалась значительным увеличением размеров Арало-Каспийского бассейна, благодаря колоссальному притоку ледниковых вод, с одной стороны, Скандинавского ледника, а с другой—ледников Гиндукуша, Каракорума и Памира. Хотя после работы Н. Андрусова<sup>1</sup> и С. Неустроева<sup>2</sup> в представление о размерах Арало-Каспийской трансгрессии введены довольно существенные исправления, ограничивающие северные пределы ее параллелью г. Вольска (57° с. ш.), однако не всеми геологами признаются сокращенные размеры этой трансгрессии. По мнению А. Карпинского, Арало-Каспийская и Бореальная морская трансгрессии почти достигали друг друга на востоке, причем разделявшее их пространство суши, по-видимому, едва возвышалось над морским уровнем<sup>3</sup>.

До начала этой трансгрессии Каспия, на пространстве нынешнего Нижнего Поволжья существовала суша, как можно судить по находимым в Астраханской губернии под каспийскими отложениями костям мамонта<sup>4</sup>. Наибольшее увеличение размеров Арало-Каспия не без основания относят ко времени наибольшего оледенения Европейской части СССР, когда, помимо притока талых вод, в силу влажного климата в южной части СССР были часты дождевые осадки и испарение с поверхности водного бассейна было сравнительно невелико.

Следом за отступившим гигантским ледником на территории Европейской части СССР началось расселение на север и северо-запад по русской равнине мамонта, носорога и других сопутствующих им млекопитающих животных, остатки которых часто находят у нас в послеледниковых отложениях. Так, находка довольно полного скелета мамонта (*Elephas trogonotherii*) под г. Ярославлем привела к заключению, что здесь мамонт жил не в далеком расстоянии от края отступавшего ледника (М. Павлова. «О мамонте, найденном близ г. Ярославля в 1896 г.». «Ежегодник геологии и минерал. России» т. II, вып. 3—4, 1897 г.).

Полный скелет мамонта был найден в 40-х годах проф. Рудье в б. Московской губернии, около села Троицкого, в межледниковом озерном отложении, ниже и выше которого залегают валунные пески; в недавнее время друго

<sup>1</sup> Н. Андрусов. Материалы к познанию прикаспийского неогена. Акчагилинские пласты. Труды Геологического комитета, т. XV, № 4, 1902.

<sup>2</sup> С. Неустроев. Об отношениях пластов *Cardium pseudoedule* к Арало-Каспийским отложениям в Самарской губ. «Известия Геологического комитета», т. XXI, № 10, 1902.

<sup>3</sup> А. Карпинский. Очерки геологического прошлого Европейской России. Петроград, 1919.

<sup>4</sup> П. Православлев. К познанию геологического строения окрестности Елтонского озера. Варшава, 1902, стр. 63.

скелет мамонта найден проф. А. П. Павловым в самой Москве на Калужской площади.

В 100 км от Москвы в Егорьевском уезде б. Рязанской губернии около озера Святого, на Шатурском торфяном болоте в 1923 г. при рытье грунта для фундамента электрической станции найдены в черной глине (юрского возраста) кости мамонта и волосатого носорога, причем черепные кости носорога пробиты тупым орудием, и затем в большом числе кости вымерших животных; это позволяет думать, что здесь имела стоянка неолитического человека, питавшегося этими животными («Известия», 14/II 1924 г., № 37 (2072)).

У южного края днепровского крыла ледника, в с. Каменском б. Екатеринославского уезда, против ст. Тритузной Запорожье-Тритузной ветки (Харцызск-Долинской линии, Екатеринославской ж. д.), в размытом овраге многократно находили клыки и части скелета мамонта; последний раз обнаружили их в 1924 г. («Известия», 30/IV 1924 г., № 98).

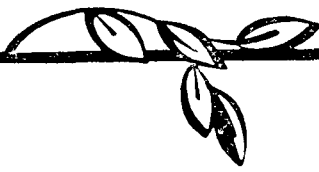
В окрестностях Нижнего Новгорода, на правом берегу р. Оки, найден неполный скелет мамонта, залегавший в пласте «ледниковой щебенки» под мощной толщей послеледникового безвалунного мучнистого суглинка, относимого к лёссу (И. Толмачев. «Раскопка остатков *Elephas trogonotherii* в б. Нижегородской губ.») (Известия Академии наук, 1905, т. XVIII, № 5).

Аналогичный случай нахождения костей мамонта в г. Киеве близ впадения Десны в Днепр, в песках под толщей лёсса; там же вместе с тем найдены кремневые орудия человека. Проф. Армашевский, изучивший эти следы древней («палеолитической») стоянки человека, пришел к выводу, что «при начале послеледниковой эпохи в местности, несколько возвышающейся над руслом Днепра, жил и охотился преимущественно на мамонтов человек, выделявавший массу кремневых орудий для своего обихода. Впоследствии стоянка его, как и окрестные местности, постепенно заносилась намывными песками на суше, на которых затем расположились бурые суглинки, наконец, лёсс, причем толща этих отложений достигла 17 м, для чего, конечно, потребовались многие тысячелетия» (П. Армашевский. Общая геологическая карта России, лист 46, Труды Геологического комитета, т. XV, № 1, 1903, стр. 243).

Аналогично находке у западного края днепровского крыла ледника найдена стоянка древнего, палеолитического человека также и у западного крыла донского ледника, а именно у Костенки, близ впадения р. Воронежа в Дон; далее на реке Удае в б. Полтавской губернии. Затем обнаружена четвертая стоянка человека каменного века (палеолитическая и неолитическая) на р. Оке, близ места бывшего окского подледникового бассейна. Следы палеолитического человека впервые у нас были найдены в пещерах южной Польши—в б. Келецкой губернии, на границе с Австрией.

В 1923 г. петроградским проф. Бонч-Осмоловским найдена в Крыму, в 27 км к востоку от Симферополя, в пещере «Коп-Коба» стоянка неолитического человека. В пещере найдены остатки очагов, под слоями земли обнаружены кремневые орудия, наконечники стрел и т. д., а также остатки носорога, гигантского оленя, пещерного медведя, льва, пещерной гиены и др. («Известия», 23 ноября 1923 г., № 268).

В селении Троицком Червоноповстанческого района б. Херсонской губернии в 1924 г. при рытье колодца в усадьбе крестьянина на глубине 5 м обнаружен и извлечен клык мамонта длиной 1,4 м и весом 9,8 кг («Известия», 7/VI 1924 г., № 128).



## ХII. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ПОСЛЕ ЛЕДНИКОВОЙ ЭПОХИ



бозрев бегло лик земли на русской равнине после исчезновения на ней ледникового покрова, остановимся на вопросе, каким же растительным покровом, за исключением подвижных песков, оделась обнажившаяся из-под ледника земля, после очень долгого сна.

Несомненно, она оделась повсюду сперва травянистой растительностью. Быстрому образованию травяного покрова, как это постоянно наблюдается на обнажениях почвы и в настоящее время, способствовали:

- 1) обилие семян, приносимых травами,
- 2) ежегодная повторяемость урожаев этих семян,
- 3) легкая рассеваемость их с помощью ветра,
- 4) скорость всхожести этих семян,
- 5) быстрота роста трав и
- 6) чрезвычайно широкое и легкое вегетативное размножение трав

разнообразнейшими путями: корневищами, корневыми отпрысками, отводками, почками и т. д.

Распределение травянистого покрова шло, разумеется, сообразно условиям почвы и рельефа, а по времени—в зависимости от обнажения земной поверхности из-под ледника. В озерах и других водоемах заселялись водные растения; места с временным застоем воды и сырые места по низким берегам рек и водоемов оделись растительным покровом из кислых злаков, осок и других болотных растений, дав начало заболачиванию.

В поймах озерных и речных долинах и на прочих менее влажных местоположениях развилась разнообразная луговая растительность, давшая приют и гнездовье белобровому дрозду, юрку, кобчику и другим видам птиц пойм и лугов.

Что касается возвышенных мест (плато, склонов и пр.), то они, ввиду наступившей сухости климата, стали заселяться степной флорой.

Одновременно с заселением травянистой растительности из обнажившейся из-под ледника земной поверхности в степной области мало-помалу происходило меридиональное передвижение на север зон полынной, ковыльной и луговой степи на неизвестное нам расстояние; равным образом, продвинулась в том же направлении и зона пустынной растительности. Каким именно типом степной растительности сменилась при этом оставшаяся свободной от ледника обширная территория Средне-Русской (Орловской) возвышенности, тянувшейся на юг до Донецкого края, остается не выясненным; возможно,

что нынешняя северная граница ковыльной степи поднялась на север на 320—420 км, охватив всю Орловскую возвышенность, давши своим редким травостоем возможность постепенного отложения эолового лёсса у основания стеблей и между прогалинами дернин; при этом в блюдцеобразных впадинах (подах), взамен современных «осиновых колков», образовались мокрые солонцы.

Сухость климата южной части СССР, по мере регрессии Арало-Каспийского бассейна, вошедшего, наконец, в свои современные берега (неизвестно когда), должна была, помимо общих причин, усиливаться с открытием доступа в Европейскую часть СССР сухим юго-восточным ветрам Средней Азии.

Во всяком случае, после отступления обоих крыльев великого ледника (Днепровского и Окскодонского) оделась степным травяным покровом вся огромная территория от Волги и до верховьев рр. Буга и Немана; в Полесье же среди песчаных пространств образовались бесчисленные озера, которые окаймились болотной растительностью и создали приют водоплавающим птицам.

Источником для расселения степного покрова послужили Приволжская возвышенность, с одной стороны, и Подольская—с другой.

Начало образования в южной половине Европейской России лёсса и песчаных барханов (Полесье и т. д.), меридиональное передвижение степных и пустынной зон и возникновение степного покрова на месте бывшего ледника представляют собой, по-видимому, синхроничные явления природы, имевшие место, согласно хронологии Де-Геера, примерно не менее 12 тыс. лет тому назад.

В средней полосе СССР степной покров стал заселяться (не менее 10 тыс. лет тому назад) с востока и юга и двигался по направлению к северо-западу. Этим покровом оделись прежде всего песчаные пространства, раскинутые между рр. Окой и Волгой и далее к востоку до Казани, затем прикрытые слегка наносами обнажения известковых горных пород (юрские известняки, мергели, опоки и пр.), давшие начало образованию перегнойно-карбонатной почвы (в б. Казанской, Нижегородской, Владимирской, Московской, Орловской, Калужской, Смоленской, Псковской, Ленинградской и других более северных губерниях) и, наконец, моренные возвышенности.

Среди образовавшейся Средне-Русской степи часто встречались блюдцеобразные впадины (поды), поросшие осиновыми колками (которые ныне наблюдаются в б. центральных губерниях к востоку от меридиана Воронежа); кое-где же эти впадины представляли собой березовые колки или просто болотинки: на востоке б. Нижегородской и Казанской губерний, вследствие большой сухости климата, на них, вероятно, образовались и солонцы.

Благодаря нередко попадавшимся озерам эта степь оживлялась прилетными водоплавающими и другими птицами; в почве, как постоянные обитатели, жили суслики, слепцы и другие степные грызуны, оставляя характерные «кротовины».

Грызуны эти могли проникнуть сюда через Средне-Русскую возвышенность, переходящую, по своему северо-западному отрогу, в Валдайскую возвышенность, которая продолжается на восток до середины б. Московской губернии.

Помянутая выше озерно-моренная область, раскинутая около водораздела трех морей, также оделась степным покровом почти вплоть до побережий Финского залива и Балтийского моря. При этом озера окаймились болотной растительностью, а на поймах речных и озерных роскошно развилась луговая растительность, давшая возможность гнездованья множеству дроздов, юрков, кобчиков, а на самих озерах развелись в бесчисленном количестве разные виды куликов, утиных и других водоплавающих птиц. Приют этот настолько оказался благоприятным, что и до настоящего времени водоплавающие птицы предпочтительно пользуются помянутой озерной зоной при своих сезонных пролетах так же, как и в Полесье.

Главными центрами расселения степной флоры в средней части СССР явились возвышенности Подольская, Орловская и Приволжская, а также степные предгорья Урала (б. Уфимская губерния). С названных трех возвышенностей она распространилась на север, а с Урала — на восток.

Меняя отчасти свой состав, степная растительность заняла также и значительную часть северной части СССР, простираясь здесь почти до современной области тундры. Быстрому расселению ее на севере Европейской части СССР благоприятствовала прежде всего близость прилегающего с востока местного центра расселения — степных предгорий Урала (б. Пермская губерния), в которых и во время ледниковой эпохи произрастали степные растения, как не предъявляющие больших термических требований, что доказано обитанием их и в альпийской области гор и на далеком севере — в тундре.

Наиболее благоприятные местоположения для степных растений на севере представляли прежде всего обнажения известковых горных пород (пермские известняки и мергели, девонские доломиты и т. д.), созданные во многих местах на больших площадях выпахиванием бывшего ледника и в особенности морской трансгрессией, смывшей рыхлые поверхностные отложения. Эти обнажения предпочтительно могли покрываться степной растительностью, давши импульс образованию перегнойно-карбонатной почвы, которая имеет здесь во многих местностях широкое распространение; так, по верхнему р. Вычегды с ее притоками Воль и Мылва (левобережье) на пермских известняках, в Устьсысольском уезде б. Вологодской губернии, в Холмогорском Архангельском уезде на девонском доломите, а также в б. Пинежском уезде — по левобережью р. Кулой, впадающей в Мезенскую губу, и по правобережью нижней части р. Пинеги, где широко распространены перегнойно-карбонатные почвы с мощным слоем черного перегноя (толщиной до 40 см), подстилаемые непосредственно известняком, который на берегу р. Пинеги выступает высокими белыми скалами: здесь же нередко встречаются провалы земли и другие карстовые явления. Те же известняки с карбонатной почвой распространены и по правому берегу р. Северной Двины, около д. Взвоз, находящейся в 106 км южнее устья этой реки. Затем, равным образом, широко развиты карбонатные почвы (на доломите) по левобережью р. Онеги, начиная от ее устья в 43-километровом расстоянии.

Наконец, громаднейшее распространение карбонатные почвы имеют по южному Тиману (б. Вологодской и Архангельской губернии), хребет которого сложен из пермских известняков, и здесь местное население издавна предпочитает карбонатные почвы, как лучшие, под распахку и расчистку из-под леса.

Помимо обнажения известковых пород, подходящие условия для заселения степных растений на севере представляли и песчаные почвы, которые разбросаны повсюду многочисленными участками, а местами сосредоточены на значительных пространствах: так, по обеим сторонам р. Камы в Соликамском и Чердынском уездах б. Пермской губернии, в низовьях рр. Вычегды и Сухоны и по Северной Двине; в Яренском, Сольвычегодском и Велико-Устюжском уездах б. Вологодской губернии, затем огромные песчаные пространства, расположенные в Кемском уезде б. Архангельской губернии и переходящие в смежный Повенецкий уезд б. Олонецкой губернии.

На севере песчаные почвы, не подвергавшиеся развеванию ветром, и успокоившиеся барханы, как сказано, представляли подходящие условия для заселения степных растений, так как, ввиду термических и гидрологических особенностей песчаного субстрата, на нем было очень мало конкурентов со стороны других представителей травянистой флоры.

Возможно, что в северных широтах Европейской части СССР степные растения заняли также южные склоны возвышенностей, уступив прочим склоны луговой растительности.

Если в континентальном климате Восточной Сибири, будучи отеснены с крайнего севера лесами, степная растительность и степные животные

(суслик) обитают в настоящее время в Якутской области до 62,5° с. ш. и даже под 64,5° с. ш., то вполне возможно признать, что в послеледниковую эпоху степная флора в Европейской части СССР поднялась на север до широты Холмогор (64° с. ш.), где еще испытывается теплое дыхание Гольфштрима.

Своеобразнейшей чертой в северо-русской степи, напоминающей современные западносибирские степи, было то, что она представляла собой царство озер, привлекавшее неисчисленное множество уток, гусей, лебедей, казар, нырков и других водоплавающих птиц; затем куликов и разнообразных прочих птиц пойм и лугов, а также коростелей, кроншнепов, вышей и других болотных птиц.

Весь этот пернатый мир, впервые узнавший новый край с окончанием ледниковой эпохи, скоро полюбил приволье и простор его и признал эту озерно-степную область своей основной родиной, которую охотнее всего с той поры стал посещать для размножения и продолжает по настоящее время регулярно посещать при своих сезонных перелетах, несмотря на дальность расстояния и последовавшую в огромных размерах смену травянистого покрова тайгой.

Образование степного покрова в северной части СССР шло по направлению с востока на запад, по мере отступления ледника. Когда именно закончилось остепнение этой окраины, по сравнению с средней частью СССР, остается еще не выясненным, и разрешение этого вопроса осложняется наступлением на северо-востоке трансгрессии Ледовитого океана, продолжительность которой неизвестна. За пределами же области трансгрессии это произошло, по-видимому, не менее как 8—9 тыс. лет назад.

Таким образом, после обнажения земли из-под Скандинаво-Финского ледника, луговые степи несинхронично покрыли почти всю территорию Европейской части СССР, вплоть до крайнего севера.

Мысль о первоначальном заселении степной флорой ледниковых отложений русской равнины была впервые высказана вскользь ботаником С. И. Коржинским в 1886 г. (С. И. Коржинский. «Предварительный отчет о почвенных и геоботанических исследованиях». Труды Общества естествознания при Казанском университете № 1886) и подробнее изложена им в 1901 г. (С. Коржинский, «Степи» в Энциклопедическом словаре, СПб, 1901, т. XXXI).

После образования травяного покрова, одевшего обнаженную землю, мало-помалу стала расселяться постепенно и древесная растительность, притом отчасти отдельными деревьями (береза, осина и т. д.), преимущественно же более или менее значительными группами (осиновые и березовые колки в подах) и, наконец, сомкнутыми насаждениями, наступавшими шаг за шагом на травянистую растительность, которая своим густым травостоем представляла огромное препятствие появлению древесных всходов и самооблесению степи; против этого препятствия у деревьев главное, но длительное средство—затенение почвы своим пологом.

Наступило время ожесточеннейшей и долгой борьбы между двумя растительными формациями—травянистой и лесной, между степью и лесом, с учетом при этом всех мельчайших биологических особенностей и приспособлений той или другой враждующей стороны и с использованием всевозможных случайностей, представляемых средой: размыв почвы или разрыв дернин водой, нанос земли на травяной покров, обнажения дернины животными, плохой рост травы из-за неподходящего места и т. д.

Темп расселения различных видов древесных растений, в зависимости от их биологической природы и условий, далеко неодинаков, варьируя в весьма широких пределах.

Самым быстрым расселением характеризуются береза и осина, как породы, которые достигают семенной возмужалости по истечении лишь двух десятков лет своей жизни, плодоносят затем ежегодно, отличаются колоссальным размером плодоношения (одна взрослая береза приносит в год

семян до 20—25 млн. штук), имеют очень легкие семена с приспособлениями для рассеивания, и потому чрезвычайно далеко и во множестве разносимые даже слабым ветром, притом у березы семена осыпаются из сережек с дерева крайне разновремено, частью летом, частью осенью, отчасти зимой и даже следующей весной—особенность чрезвычайно ценная в борьбе за существование, чтобы занять всякое подходящее место, будь то обнажение земли или случайный нанос почвы (хотя бы и на старой крыше здания).

Кроме того, период покоя березовых семян (тоже и осиновых) почти такой же кратковременный, как и у травянистых растений; это весьма важный биологический фактор, существенно облегчающий географическое распространение березы. Такова же биология плодоношения и осины, впрочем, требующей более влажной среды, чем береза.

Почти так же быстро и далеко, но лишь одиночными экземплярами, разносятся, при посредстве птиц, многие ягодные кустарники, как-то: рябина, черемуха, крушина, бузина, жимолость и др. Эти кустарники, затеняя под собой почву, оказывают огромную услугу для заселения и развития около них всходов также и древесных пород, как авангард, подготовляющий место и подходящее ложе для семян этих пород.

Во много раз более медленным темпом расселения обладают сосна и ель, так как они достигают семенной возмужалости лишь по прошествии 4—5 десятков лет своей жизни, плодоносят не ежегодно, а периодически через каждые 3—5 лет, дают урожаи семян в сравнительно очень ограниченном размере (так, по исследованию В. Д. Огиевского, одно сосновое дерево взрослое на просторе дает всхожих семян до 45 тыс. штук и в исключительных случаях до 140 тыс. штук).

При этом период покоя сосновых семян длится три недели; за это время они в большом количестве истребляются птицами, мышами и другими грызунами. Находясь еще на деревьях, сосновые семена поедаются клестами и другими зерноядными видами, а еловые пожираются во множестве белками.

Эти сведения о плодоношении относятся к настоящему времени. Однако нельзя оспаривать мысль, что в сухом периоде самооблесения степи, наступившем вслед за ледниковой эпохой, условия плодоношения были иными, например, урожай семян сосны повторялся не каждые 3—5 лет, а через более значительные промежутки времени, примерно через 12—15 лет, как то ныне имеет место в континентальном климате юго-востока России.

Еще больше надо заметить это в отношении разницы теперешних и прежних условий плодоношения ели, как породы, не мирящейся с сухостью среды и с континентальностью климата.

Наконец, выделяется еще третья группа древесных растений, виды малоподвижные в отношении распространения, т. е. отличающиеся самым медленным темпом расселения. Сюда относятся дуб, бук, кедр и тому подобные древесные породы, которые достигают семенной возмужалости по прошествии полувека своей жизни, имеют настолько тяжелые плоды, что последние осыпаются только под материнским деревом, дают обильное плодоношение еще через более продолжительные интервалы (через 5—6 лет и более), и урожаем одного дерева определяется всего лишь 1,5—3 тысячами плодов, причем значительная часть урожая поедается животными: мышами, свиньями, сойками, голубями (дуб и бук), белкой, кедровкой (кедр) и т. д.

Какими же древесными породами стали заселяться луговые степи в северной и средней части СССР?

В северной части СССР они очень быстро облесились, по всей вероятности, березой, благодаря вышеуказанным свойствам этой породы и нетребовательности ее к влажности почвы; ближайшим источником расселения березы служил, конечно, Урал. В пользу этого взгляда говорит, между прочим, общеизвестный факт, что в северной части СССР, где сыздавна ведется переложное сельское хозяйство, запускаемые пашни, независимо от характера почвы и состава окружающего леса, покрываются исключительно березни-

ками, в том числе и на карбонатных почвах в районах еловой тайги (например, в южном Тимане Устьысыольского уезда б. Вологодской губернии); также покрываются березняками всюду на севере Европейской части СССР и Финляндии и пожарища в хвойных лесах.

Самооблесение северной степи березой, несомненно, прошло через стадию островного распределения березняков по степи, т. е. через стадию лесостепи, картину которой мы наблюдаем в современную эпоху в широком масштабе в Западной Сибири.

Березовые островки (колки), возникшие первоначально по впадинам, расширяясь и размножаясь, слились, наконец, в единое целое и превратились в зону сплошных березняков.

О былом островном распространении березы по северной степи говорит частое нахождение бересты в почве на сырых котловинах, а самое главное— это чрезвычайно ярко свидетельствует существованием еще и поныне в Западном Предуралье (в Осинском, Кунгурском и Красноуфимском уездах б. Пермской губернии) березовых роц, перемежающихся со степными участками, т. е. березовой лесостепи, сохранившейся как реликвии со времени послеледниковой эпохи и описанной геоботаниками К р ы л о в ы м и С. К о р ж и н с к и м, а также Н. С. Н е с т е р о в ы м (Крылов. «Материалы к флоре Пермской губ.». Труды Общества естествознания при Казанском университете, т. VI, вып. 6, и т. IX, вып. 6; С. Коржинский. «Предварительный отчет о почвенных и ботанических исследованиях 1896 г. в губерниях Казанской, Самарской, Уфимской, Пермской и Вятской». Труды Общества естествознания при Казанском университете, т. XVI, вып. 6, 1887; Н. С. Нестеров. «Леса сергинско-уфалейских горных заводов на Урале», напечатан в «Лесном журнале», 1886, № 6, стр. 703—734).

После березы, с Урала же весьма медленно стала распространяться на запад сосна, а за ней еще медленнее двигалась ель. Как порода чувствительная к сухости среды, ель на возвышенностях нередко заселялась лишь под пологом сосны. Сосна же захватывала степную территорию песчаного и супесчаного характера, а затем надвинулась и на суглинки.

В конце концов, обе эти хвойные породы сменили березники, образовавшие на суглинках и глинах в пониженных местоположениях ельники, а на повышенных местах—елово-сосновые насаждения, на песчаных же почвах и на супесях—почти чистые сосновые боры. Позднее в сосновых лесах на супесчаных почвах ель начала заметно расселяться, а в более пониженных местах вытеснять сосну, образовавши, наконец, ельники с вкрапленной старой сосной, каковой процесс продолжает наблюдаться и в настоящее время близ периферии ареала распространения ели как на юге, так и в западной части.

В своем движении на запад ель настолько сильно отстала от сосны, что в Заонежском крае ныне доминирующее значение на различных почвах представляют сосновые леса. Ельники же на суглинках начинают сформировываться только лишь в современную эпоху. Эта запоздалость распространения ели, по сравнению с сосной, хорошо иллюстрируется следующими данными подсчетов А. А. Б и т р и х а (А. А. Битрих. «Леса Архангельской губернии». — Материалы экономических перспектив». Высший совет народного хозяйства. Отдел редакц.-издательский. Москва, 1920).

Разделяя архангельские леса р. Онегой на две области, восточную (таежно-речную) и западную (холмисто-озерную), находим, что в восточной области господствуют еловые леса, занимая до 60% общей площади, а на сосновые приходится лишь до 35%; в западной же области решительно преобладают сосновые леса, образуя 80% площади, а еловые составляют только 20%; при этом, по мере удаления от р. Онеги к западу, еловые массивы встречаются все реже и реже, причем они занимают преимущественно аллювиальные почвы по береговым поймам, долинам, логам и падам. На западе (в Кемском уезде б. Архангельской губернии и Повенецком уезде



б. Олонецкой губернии), где доминируют песчаные почвы, мы видим почти исключительно сосновое царство, ввиду чего, если в приведенный подсчет включить и б. Повенецкий уезд в западной (заонежской) области, окажется ельников гораздо меньше 20%.

В Финляндии доминирующее значение имеют также сосновые леса; ель же произрастает преимущественно «подмесью» на влажных и болотистых почвах; но вследствие часто происходящих в борах больших пожаров, после которых пожарища заселяются березняками со вторым ярусом ели, сосняка, по сообщению В. В. Фааса, в большом масштабе сменяются ельниками (В. В. Фаас. «Леса и лесная торговля Финляндии». СПб. 1914, стр. 14 и 18).

В лесах Скандинавии, по исследованиям шведских геоботаников, ель является позднейшим поселенцем, перебравшимся туда, по-видимому, через северную Финляндию из Европейской части СССР.

При расстоянии от Урала до западной границы Швеции в 1686 км и при давности расселения ели в 9000 лет скорость распространения ее в широтном направлении определяется в среднем 188 м в год.

Независимо от широтного направления, ель с севера распространялась также и в южные широты по направлению к юго-западу и отчасти к югу, и это движение ее продолжается и в наши дни. Распространение сплошных еловых лесов в подмосковном районе ограничивается с юга приблизительно линией Бронницы—Москва—Волоколамск.

При прямолинейном расстоянии от северного Урала до Москвы в 2987 км и при давности расселения ели в 10 000 лет, средняя скорость массового расселения ее в юго-западном направлении определяется в 299 м в год, т. е. почти в полтора раза больше, по сравнению с широтным направлением.

Надо при этом заметить, что на самом деле расселение ели на поверхности земли происходило не прямолинейно, а по долинам, логам и прочим пониженным местам, т. е. зигзагообразно, и потому действительно пройденное расстояние превышает прямолинейное, по крайней мере, в два раза, соответственно чему увеличивается и темп массового расселения ели против вышеисчисленного, т. е. он составляет по параллели 375 м, а в юго-западном направлении 597 м.

Вместе с сосной и елью, а может быть и одновременно с березой, с Урала расселяется сибирская лиственница, занявшая единичной и групповой примесью значительный ареал, который охватывает западную часть бассейна р. Онеги (меридиан 7° в. ш. от Пулково), где лиственница произрастает групповой подмесью в сосновых борах, а еще далее на запад попадает лишь изредка, отдельными деревьями заходя спорадически до восточной части б. Пудожского уезда—крайний пункт близ озера Керозеро, расположенного в 64 км к востоку от Онежского озера (в Шальской даче). Далее встречается сибирская лиственница крупномерными деревьями в сосново-еловом лесу в бассейне р. Кемы Кирилловского уезда б. Новгородской губернии, расположенном к северу от Белоозера у деревни Подгорной (А. И. Колмовский. «К флоре Новгородской губернии». Труды СПб общества естествознания, т. XXVI, СПб, 1896).

В области своего распространения сибирская лиственница заняла преимущественно перегнойно-карбонатные почвы, как наиболее всего соответствующие ее природе, образуя превосходные насаждения со вторым ярусом ели, а так как эти почвы являются на севере лучшими по урожаю хлебов, то нахождение лиственницы служит северному земледельцу показателем места для расчистки леса под пашню.

Западная граница распространения лиственницы определяется господством песчаных и других почв, бедных углекислой известью и потому непригодных для ее произрастания.

В Приуралье на крайнем севере (в бассейне р. Пинеги и по Северной Двине в Ломоносовском лесничестве б. Архангельской губернии) она и ныне

образует местами значительные массивы на темных карбонатных почвах, обеспечивающих ее прекрасное развитие и длительное существование. Это указывает на очень раннее занятие лиственницей этих почв, происходившее, может быть, одновременно с расселением березы.

На юге лиственница спускается почти до левого берега р. Волги в б. Костромской и Нижегородской губерниях.

При расстоянии от Уральского хребта до западной границы обитания сибирской лиственницы в 1174 км и при давности расселения ее в 10 000 лет, находим, что темп расселения в широтном направлении определяется в среднем около 117 м в год.

Говоря о распространении сибирской лиственницы, надо принять в соображение следующие биологические свойства ее. Семенная возмужалость этой породы, как и березы, наступает очень рано—с 20-летнего возраста, и плодоношение продолжается до глубокой старости дерева (200 лет). Период осыпания семян с дерева, как и у березы, охватывает весьма продолжительный срок времени—свыше года, что представляется чрезвычайно важным биологическим фактором, способствующим широкому географическому распространению; хотя одним неблагоприятным условием является то обстоятельство, что, вследствие неполного оплодотворения завязей, у лиственницы образуется много невсхожих семян, каковой недостаток, по-видимому, имел место и прежде.

Ввиду сказанного сибирская лиственница обладала в прежнее время, по сравнению с современной эпохой, гораздо более значительным распространением на юг и в особенности на юго-запад, где во многих местах развиты карбонатные почвы, причем возможно допустить, согласно предположению К е п п е н а, что на юго-западе она почти соприкасалась с областью обитания европейской лиственницы (Ф. Кеппен. «Географическое распространение хвойных деревьев в Европейской России и на Кавказе». СПб, 1885, стр. 250 и 251).

Но затем, вследствие ограниченной всхожести семян и главным образом ввиду крайнего светолюбия лиственницы, ареал ее распространения постепенно сузился до современного, за вытеснением ее другими породами, как более теневыносливыми.

Об обширности древнего ареала сибирской лиственницы отчасти свидетельствуют сделанные в недавнее время фитопалеонтологические находки в межледниковых отложениях.

Так, в 1907 г. проф. Я. В. С а м о й л о в ы м на геологической экскурсии со студентами под Москвой обнаружены около Студенца в межледниковых отложениях шишки и ветви лиственницы.

В. Н. Сукачевым в 1908 г. найдены образцы древесины лиственницы в отложениях около г. Лихвина Калужской губернии, относимых к межледниковым (W. Sukaszev. «Über das Vorkommen der Samen von *Euryale ferox* Salisb. in einer interglazialen Ablagerung in Russland. Bericht d. Deutsch. Bot. Gesel. Berlin, 1908, 26a, S. 132—137).

Б. А. А р а н о в ы м в Холмском уезде Псковской губернии в 1913 г. найдена древесина лиственницы в торфянике, образовавшемся в послеледниковую эпоху (В. Д р о б о в. «К вопросу о произрастании сибирской лиственницы в пределах Олонецкой губернии», с картой. «Известия Общества изучения Олонецкой губернии», 1914 г., № 3, стр. 113—129).

Наконец, Н. И. П р о х о р о в ы м (1907 г.) в Воронежской губернии и северной части Донской области обнаружена лиственница в отложениях доледниковой эпохи (В. Н. Сукачев. «Опыт истории развития растительности средней России в послетретичное время»,—«Дневник XII съезда русских естествоиспытателей и врачей в Москве». 1909, № 7, стр. 273).

Отсутствие естественного налета лиственницы у южной окраины ее нынешнего распространения (например, в Макарьевском уезде б. Костром-

ской губернии, в искусственно разведенной Линдуловской роше б. Выборгской губернии в 64 км от Ленинграда, в Семеновском уезде б. Нижегородской губернии и других местах) говорит о продолжающемся отступании этой породы и в настоящее время.

Затем за сосной, елью и лиственницей с Урала медленно потянулись в северной части СССР на запад сибирская пихта и кедр, который сильно отстал от пихты. Обе эти породы вошли лишь подмесью в состав уже образовавшихся хвойных лесов.

Поступательное движение этих сибирских эмигрантов на запад и юг, хотя и очень медленное, продолжает наблюдаться и в наши дни. В особенности рельефно выступает оно в отношении сибирской пихты, как самой теневыносливой породы, у которой на окраинах ее ареала авангардом продвигается подрост не только в сосново-еловых, но и в почти чистых еловых лесах.

Во многих местах пихта даже вытесняет собой ель; это явление наблюдается, между прочим, на суглинках в западной части б. Костромской губернии и на карбонатных почвах по южному Тиману (Устьсысольский уезд б. Вологодской губернии), где в области еловой тайги с подмесью пихты на запущенных пашнях, порастающих березниками, вторым ярусом заселяется преимущественно пихта, сильно вытесняющая ель.

Западная граница сибирской пихты ныне заходит за левобережье р. Ваги (левый приток Северной Двины) и до города Буя б. Костромской губернии (до меридиана  $11^{\circ}$  в. д. от Пулкова или  $59^{\circ}$  в. д. от Гринвича).

Южная граница в б. Казанской губернии опускается почти до широты г. Казани ( $56^{\circ}$  с. ш.).

Кедр же, растущий подмесью, тоже преимущественно в ельниках, имеет весьма ограниченный ареал, отходящий языком от Урала на запад до меридиана  $23^{\circ}$  в. д. от Пулкова или  $71^{\circ}$  в. д. от Гринвича; отдельными особями, однако, он встречается кое-где и за пределами ареала, очевидно, расселяясь спорадически к западу, юго-западу и югу.

Что касается былых степей средней России, то в самооблесении их доминирующую роль играл дуб, центрами расселения которого служили возвышенности Средне-Русская и Приволжская, а также Подольская, где дубовые леса пережили ледниковую эпоху.

Из этих центров, много раньше начала расселения в северных широтах березы (свыше 13 000 лет тому назад), дуб постепенно стал распространяться на север и, в конце концов, образовал на месте бывших степей средней России многочисленные дубравы, преимущественно на северо-западе Европейской части СССР. Дубовые рощи продвинулись приблизительно до широты Вологды ( $59,5^{\circ}$  с. ш.), а на западе еще выше—почти до широты Ленинграда ( $60^{\circ}$  с. ш.).

Начало распространения в средней части СССР дуба, вероятно, относится ко времени заселения здесь степной травянистой растительности, но, за медленностью его движения, дуб, конечно, значительно отставал от степных трав в своем поступательном ходе на северо-запад. Это допущение возникает в силу того соображения, что дуб, как и бук, порода, особенно характерная в средних широтах для приморского климата, а при отступании ледника климат напоминал приморский: повышенная влажность воздуха и не было сильной инсоляции. Дуб начал распространяться на северо-запад, по направлению отступления ледника, вероятно, еще раньше расселения березы на севере с Урала.

В этом расселении дуба, помимо землероев, весьма большую роль играли пернатые—сойки и в особенности голуби. Сойка имеет привычку прятать в почве, для продовольствия на следующий год, запасы желудей кучками, и эти похоронки ее ближайшей весной прорастают, образуя всходы.

Из голубиных надо отметить клинтуха (*Columbus oenas* L.) и вяхиря (*C. palumbus* L.), как чисто лесных голубей.

По единогласному свидетельству Науманна<sup>1</sup> и Бремса<sup>2</sup>, оба эти вида голубей охотно питаются дубовыми желудями, набивая ими полные зобы. Участие сойки в расселении дуба ежегодно наблюдается и ныне в средней части СССР. Широкое распространение дубовых лесов при посредстве лесных голубей установлено, между прочим, в Северной Америке.

Образовавшаяся дубовая зона в средней части СССР существовала, вероятно, сравнительно недолгое время—каких-нибудь 3—4 тыс. лет.

Распространившиеся с севера и востока хвойные леса (сосновые и еловые) в большинстве местностей, в особенности же в центральных губерниях, сменили собой дубравы. В этой смене большое значение имели также еловые и частью сосновые леса, надвигавшиеся с юго-запада, где центрами расселения ели и сосны, а также европейской лиственницы и других пород служили Подольская возвышенность и «пунатаки» Польши и Карпаты, на которых лесная растительность пережила ледниковую эпоху. Семена названных пород распространились при содействии юго-западных ветров, господствующих в вегетационный период.

В средней части СССР смена дубрав ельниками продолжает наблюдаться и по настоящее время, как она исторически доказана для многих местностей Германии, классическим примером чего является судьба Эберсбергского лесничества<sup>3</sup>.

У нас эта смена установлена г. Дюпелмейером в б. Прибалтийском крае, И. Пачоским—в северной части Полесья, А. И. Хитровым для многих дубрав («К вопросу о судьбе дубрав средней России», «Лесной журнал», 1908, № 1).

В лесной даче Тимирязевской сельскохозяйственной академии ель, поселившись здесь около 200 лет тому назад, успела за это время сформировать в старой дубовой роще (9,1 га) два островка 70-летнего ельника общей площадью 1,79 га.

От бывшего дубового царства в средней части СССР реликвиями остались кое-где лишь отдельные дубовые рощи, преимущественно на южных склонах холмов, а там, где дуб окончательно или почти совсем вытеснен, реликвиями являются огромных размеров черные дубы, находимые на дне и в берегах рек, а также, тоже в ископаемом виде, остатки дуба в торфяных болотах и под позднейшими наносами в разного рода понижениях.

<sup>1</sup> Науманн. Naturgeschichte der Vögel Mitteleuropas (herausgegeben v. C. Hennicke in Gera), Band VI, S. 31. *Columbus oenas* L. «ест также семена различных деревьев, плоды дубов и буков, также семена многих лесных растений, семена трав и ягоды... Семена пихты и ели ест также охотно... Поздней осенью клинтухи подбирают также желуди и плоды бука и набивают ими полные зоба».

<sup>2</sup> Бремс. Жизнь животных (под редакцией Сент-Илера). СПб, 1894, т. V, стр. 439. *Columba palumbus* L. (вяхирь). «Любимой пищей вяхирей служат семена хвойных деревьев: ими очень часто почти исключительно набит зоб убитых летом голубей... По словам Науманна, он находит и в лиственных лесах любимую пищу—желудей и буковых орешков. Эти наблюдения совершенно соответствуют тому, что я слышал и видел сам в Испании, где плоды вечнозеленого дуба составляют главнейшую пищу зимующих там лесных голубей».

<sup>3</sup> Огромная площадь Эберсбергского лесничества (между Мюнхеном и Вассербургом) до конца XVII столетия состояла на  $\frac{2}{3}$  из дубового леса и на  $\frac{1}{3}$  из букового с отдельными елями. Еловый подрост затем расселился по всему пространству леса настолько густо, что для образования дубового налета не осталось места. По повелению курфюрста, в 1722—1727 гг. весь еловый подрост был уничтожен, чтобы предоставить место для естественного обсеменения дуба. Но это оказалось напрасной работой: несмотря на все усилия к искоренению ели, она взяла перевес; снова образовались ельники, которые, в конце концов, сменили собой всю дубраву. Еще в прошлом столетии можно было видеть в ельниках колоссальных размеров сухие дубовые деревья, живых же дубов в лесничестве почти не стало. Казалось, растительные сообщества, сменяя друг друга, дают в результате так называемые «конечные формации», дальнейшее изменение которых признается невозможным. Однако дальнейшая судьба елового леса в Эберсбергской даче была очень печальна, так как ель в 1893—1896 гг. погибла там от гусеницы монашенки (*Ospesia monacha*) на огромном пространстве, освободив занятое ею место для других, более светолюбивых древесных пород (Н. М. Кулагин. Энтомология. Вредные насекомые и меры борьбы с ними. 1907, стр. 254).

Во многих местностях средней части СССР сохранились, как реликвия степей, кротовины в почве, занятой дубравами, и блюдцеобразные котловины (поды), представляющие собой ныне, вследствие застоя как снеговых, так и ливневых вод, округлые болотины. Так, на территории лесной дачи Тимирязевской академии, площадью 248 га, имеется таких болотцев—подов 9, величиной до 137 м<sup>2</sup> каждое, считая и самое большое, площадью 319 м<sup>2</sup>, представляющее постоянный округлый водоем («Оленье болото»). В степную эпоху эти блюдца в средней части СССР, вероятно, были заняты осиновыми и частью березовыми колками, в то время как осиновые «кусты или колки», распространенные ныне в б. Тамбовской, Воронежской и других губерниях, может быть, тогда были солонцами; следовательно, в исторической перспективе рисуется эволюция солонцов, заканчивающаяся болотцем: что совершилось во времени, то теперь мы видим в пространстве, двигаясь с юга на север до глубины области.

Сверх того, о существовании былых степей и затем дубовых лесов на них в средней части СССР свидетельствуют до известной степени и некоторые особенности почв.

В озерном районе, обнимающем южную часть б. Ленинградской губернии, почти всю б. Псковскую и Новгородскую губернии, части б. Смоленской и Витебской, северо-западную часть б. Тверской и западный угол б. Вологодской губернии, почти на безвалунных разностях моренных глиссформировались структурные (ореховатые) суглинки палевого или желтого цвета, еще занятые местами дубовыми лесами; эти почвы носят местные названия поддубиц, или дубняжин. Поддубицы, в б. Псковской губернии занятые под более или менее сплошные дубравы, по своему строению и структуре очень сильно напоминают лесные суглинки черноземной области.

В прилегающей же с юга соседней б. Смоленской губернии, где материнской породой являются безвалунные лёссовидные суглинки, почва под дубовыми лесами уже подзолистая, что и понятно, ввиду большей давности заселения здесь дуба, под которым почва давно уже подверглась оподзоливанию.

В прилегающем с юго-востока к озерному, другом смежном районе, который охватывает значительную часть б. Смоленской губернии, части Витебской, Могилевской, Тверской, Московской, Ярославской, Владимирской и западной части Вологодской губернии, особенный интерес представляют безвалунные лёссовидные суглинки, подстилаемые толщей моренной глины. На этих суглинках местами еще уцелели дубовые рощи; громаднейшее же большинство дубовых лесов давно уже обращено в сельское хозяйственные угодья, ввиду высокого плодородия лёссовидных суглинков сравнительно с другими местными почвами. Таким образом, лишь путем определения территории лёссовидных суглинков и поддубиц можно было бы до известной степени восстановить пространство бывших дубовых лесов названных двух районов.

Живой реликвией степей в средней и юго-западной части СССР сохранились разбросанные в глубине лесной области более или менее значительными площадями степные острова с черноземом или черноземовидной почвой. Так, в б. Пермской губернии сверх нанесенных на почвенной карте 1900 г. двух громадных островов под Кунгуром и Красноуфимском, окаймленных березниками и исследованных ботаниками П. Крыловым и С. Коржинским, имеется к востоку от них в долинах между лесистых гор и по возвышенным плоскогорьям, то тут, то там, окаймленные тоже березниками сравнительно небольшие степи, описанные мной в 1887 г.: Точанская и Тахтинская, площадью до 546 га каждая, Каркадинская—в 1311 га и Шуранская—около 1630 га<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Н. С. Нестеров. Леса сергинско-уфалейских горных заводов на Урале. «Лесной журнал», 1887, № 6, стр. 706.

Затем большой степной остров находится под Юрьевом и Суздалью и один—под Вязниками, б. Владимирской губернии; значительный остров под Ардатовом и Арзамасом б. Нижегородской губернии; далее, один остров у Рославля б. Смоленской губернии; два островка по р. Припяти (у Мозыря и Скрыгалово) и один около г. Овруча б. Минской губернии; потом два степных острова имеются в б. Опатовском и Сандомирском уездах б. Радомской губернии, и, наконец, большой остров степи расположен в южной части б. Келецкой губернии.

Сверх того, среди лесной области осталось неисчисленное множество разбросанных мелких степных участков и пятен на южных склонах холмов, где, при трудности естественного самооблесения из-за неблагоприятных термических и водных условий, степная флора еще сохранилась. Конечно, громадное большинство этих степных участков и пятен давно уже обращено под сельскохозяйственную культуру. Такого рода участки хорошо сохранились в Восточной Сибири, например, на крутых южных склонах правобережья р. Б. Ангары, в расстоянии около 213 км к северу от Варгунинской степи.

Наконец, много северней современной границы лесостепи, уже глубоко в лесной области Европейской части СССР, встречаются рассеянно многие степные растения, приуроченные преимущественно к обращенным на юг известковым или мергелистым склонам, а равно также там произрастают степные травы, на южных же склонах и с песчаной почвой в редких сосновых борах или на редилах и прогалинах в более густых борах, т. е. таких местоположениях, где термические и водные условия сочетаются неблагоприятно как для полного лесовозобновления, так и для образования густого лугового покрова.

После надвигания сосновых боров на степную территорию песчаного и супесчаного характера, благодаря светолюбию сосны и бедности почвенного субстрата, ограничивавшей флористическое разнообразие и густоту живого почвенного покрова в захвативших степь сосновых лесах, чисто степные формы трав продолжали в них обитать и сохранились во многих местностях и до настоящего времени, в особенности на южных склонах. Обитание в сосновых лесах степных трав обратило на себя у нас внимание многих геоботаников. Так, в северо-западной части б. Казанской губернии в сосновых борах на песке часто обитают чисто степные формы трав. Разбирая вопрос, каким образом эти формы попали сюда, проф. А. Я. Гордягин в 1892 г. высказал мысль, что эти степные растения—древние аборигены данной местности, населявшие ее еще до того времени, когда растительная физиономия б. Казанской губернии приняла современный ей характер, т. е. когда пески не были покрыты лесами, а на них обитала травянистая растительность, а так как заселение этого покрова происходило в условиях сухого климата, наступившего после отступления Скандинаво-Финского ледника, то вполне естественно широкое распространение на песках (как и на карбонатных почвах) степной травянистой растительности (А. Я. Гордягин. «Почвы северо-западной части Казанской губернии». Труды Общества естествознания при Казанском университете, 1892, т. XXV, вып. 1). Еще раньше А. Я. Гордягина проф. С. И. Коржинский, по поводу нахождения «степняков» в борах, высказался за более широкое распространение степной растительности в предшествовавший период на обширной территории б. Казанской, Вятской, Пермской и Уфимской губерний и считал большинство наблюдаемых здесь серых, светло-серых и белесых почв за результат последовавшей деградации степного чернозема под влиянием надвинувшихся на степь сначала лиственных, а затем и хвойных лесов (С. И. Коржинский. «Предварительный отчет о почвенных и геоботанических исследованиях». Труды Общества естествознания при Казанском университете, 1886).

Следовательно, обитание многих форм степной флоры глубоко в лесной области среди хвойных лесов также представляет собой не что иное, как

реликвию былых степей в средней части СССР; эти степные формы суть живые свидетели бывших здесь степей, пока еще не вполне задушенные надвинувшейся и сменившей степи лесной формацией.

Такой же реликтовый характер степной флоры установлен и в березовых лесах Западной Сибири после надвигания на тамошние степи с севера березовых лесов, а также в лесах даурской лиственницы Забайкалья; так как лиственница самая светолюбивая порода, то под пологом ее успешно произрастают степные травы.

Остатки сохранившихся в средней части СССР дубовых лесов можно рассматривать как отпечатки бывших здесь степей, самооблесившихся дубом

В почве под этими дубравами можно кое-где подметить и следы кротовин, конечно, выцветшие от давности времени и почвенных процессов, хотя в виде графических изображений. Было бы весьма желательно в этом отношении производство исследований почвы в дубравах лесной области.

Положим, наблюдая в северной части б. Самарской губернии все стадии превращения кустарниковой степи в лес, академик С. Коржинский писал в 1891 г., что дубовые леса средней части России, сплошной полосой отделяющие область степей от области еловых лесов, возникли по краю открытой степи: «в виде зарослей кустарникового дубняка, образовавших затем сплошные дубравы», и что «там, где мы находим в настоящее время дубовые леса или остатки их, прежде существовали степи, простиравшиеся, следовательно, некогда далее к северу, чем мы видим это теперь». Вместе с тем, считая по своим наблюдениям, весьма затруднительным естественное возобновление дубовых лесов, Коржинский полагал, что в тех местах, где существуют ныне или существовали первобытные дубовые леса, там едва ли более чем за тысячу или полторы тысячи лет тому назад еще расстилалась степь!

Если бы это было так, то кротовины в дубовых лесах средней части СССР давно были бы уже многими обнаружены. Но относительно такой скоротечности этих дубрав никак нельзя согласиться с мнением Коржинского. Дубравы средней части СССР, несомненно, имеют многотысячелетнюю давность, и в почвах под этими дубравами можно пытаться, повторяю, искать выцветшие следы или графики кротовин.

В самооблесении Европейской части СССР важную роль играл юго-западный источник (Карпаты с Подольской возвышенностью). Эта роль видна, между прочим, в характере графического очертания северных и восточных контуров современного ареала распространения в Европейской части СССР тисса, европейской лиственницы, европейской пихты, бука, граба, ясеня, полевого клена, плюща, терновника и многих кустарников. Границы распространения большинства этих пород располагаются обращенными на восток выпуклыми более или менее концентрическими дугами отсюда можно заключить, что все эти породы пришли к нам, после отступления ледника, с запада, и что наблюдаемые ныне пределы их распространения являются границами временными, как один из этапов динамики расселения этих пород на восток и север.

С другой стороны, по обращенным на запад выпуклостям соответственных контуров предельного ареала, не менее рельефно выступает также и огромная роль Урала в расселении многих хвойных деревьев: сосны, ели, сибирской лиственницы, сибирской пихты, кедра и других пород, а также и кустарниковых растений<sup>2</sup>.

Независимо от того, в деле познания источника происхождения древесных растений большое значение имеют фазы сравнительного их развития

<sup>1</sup> С. Коржинский. Северная граница черноземно-степной области восточной полосы Европейской России. Труды Казанского общества естествознания 1891, XXI вып. 6, стр. 52 и 161.

<sup>2</sup> Ф. Кеппен. Географическое распространение хвойных деревьев. СПб, 1888. Fr. K ö p p e n. Geographische Verbreitung der Holzgewächse, S.-Pb., 1889.

(фитофенология—зарождающаяся наука), в частности, высокий интерес представляют встречающиеся формы одного и того же вида, различающиеся между собой не столько морфологическими признаками, сколько фазами своего развития: временем облиствения, цветения и другими физиологическими особенностями. Эти особенности, как неразрывно связанные с химизмом растения, с химическими разностями его природы, сохраняются наследственно растением и при перемещении его в географическую область, отличающуюся от природного климата, к которому растение вполне приспособилось своей конституцией (строениями и химическими свойствами содержимого) и образом жизни; проще говоря, эмигрант и на чужбине сохраняет свои наследственные привычки.

На севере растения приспособились к краткости вегетационного периода путем укорочения отдельных фаз развития: период семенного покоя сокращается почти вдвое (так, для сосны 10—11 дней, вместо 21 дня), уменьшается интервал между временем облиствения и цветения, ускоряется время созревания семян, значительно отсрочивается наступление семенной возмужалости и плодоношение повторяется через продолжительные интервалы (у сосны в Лапландии через 20 лет, вместо 5—6 лет в Подмосковном районе), а также сильно отсрочивается время кульминации текущего прироста дерева как в высоту, так и по массе, увеличивается долговечность деревьев и т. д. Вместе с тем из-за кратковременности вегетации сокращается длина годового побега и толщина годового слоя на деревьях, то есть наблюдается медленность роста в высоту и толщину, отсюда низкорослость деревьев и мелко-слоистость древесины.

Черенки различных древесных растений южного происхождения, перенесенные на север, дают ростки и вегетируют позднее, чем северные их сородичи. Это установлено в 70-х гг. опытами в Женеве А. Де-Кандоля, при которых местные черенки, по сравнению с черенками южного происхождения, распустились раньше: у белого тополя—на 23 дня, граба—на 18 дней, катальпы и тюльпанного дерева—на 20 дней.

Вывод Де-Кандоля подтвердился в 90-х гг. исследованиями Б е л е й я (L. H. Bailey) в Северной Америке над черенками пирамидального тополя и виноградной лозы, взятыми, каждая, из трех различных географических широт. Многочисленные опыты с семенами культурных растений дали тот же результат, то есть семена южного происхождения прорастают на севере медленнее, чем семена северных сородичей.

Фенологическими наблюдениями установлено, что древесные растения южного происхождения, перенесенные на север, запаздывают в своих фазах развития от северных сородичей, в частности, в отношении весеннего листораспускания и цветения, а равно у них гораздо позднее осенью наступает пожелтение листьев и листопад.

В Европейской части СССР имеется много видов древесных и кустарниковых растений, которые произрастают в двух формах, резко отличающихся между собой временем облиствения и цветением.

Так, в лесах встречается примесь позднораспускающаяся форма обыкновенного дуба (*Quercus pedunculata* var. *tardiflora* Czern.), которая весной распускает листья и цветет на 3—4 недели позже против основной формы и потому названа народом зимним дубом. Эта физиологическая особенность, сама по себе, не говоря о некоторых анатомо-морфологических признаках, уже свидетельствует о южном происхождении этой формы дуба.

Поздний дуб менее повреждается весенними утренниками, а потому он в возрасте до 10 лет в полтора раза выше, чем основная форма дуба. Древесина его, благодаря сравнительно малой развитости весенней зоны годичных слоев, более плотная и тяжелая, чем у ранораспускающейся формы дуба.

Поздний дуб в Теллермановской даче. Шиповской роще и других лесах юго-восточной части СССР строго приручен к лесостепным опушкам и



вершинам отдельных мелких водоразделов, а обыкновенная форма *Quercus pedunculata* обитает по пониженным и придолинным местам, что, по сообщению Н. И. Прохорова («Почвоведение», 1905, № 4), является крайне характерной особенностью всего юго-восточного района русской лесостепи, который в свое время находился под ледниковым покровом.

Весной, наблюдая в этом районе дубраву издали с какого-либо возвышенного пункта степи, можно ясно видеть границы распространения обеих форм—зеленоватую окраску распустившейся листвы по балкам и долине, окаймленной сероватым фоном еще дремлющей части массива по междубалочным водоразделам и по области лесостепи.

Пространства, бывшие под Донским крылом ледника, при облесении дубом имели два центра расселения этой породы: с запада—Средне-Русская возвышенность, а с востока—Приволжская возвышенность (Соколовские горы). Откуда именно расселилась здесь южная (позднораспускающаяся) форма дуба, сказать пока невозможно. По-видимому, она первой пришла с южной части Средне-Русской возвышенности и заняла дно балок и оврагов, а затем уже распространилась по обочинам ранораспускающаяся форма дуба, или с Соколовских гор, или с северной части Средне-Русской возвышенности.

С другой стороны, в Чернолесском лесничестве б. Херсонской губернии и в других дубравах юго-западной части СССР, не бывших под ледниковым покровом, наблюдается совершенно обратное явление: там по дну балок и долин обитает поздний дуб, а обыкновенная форма дуба занимает опушки и вершины водоразделов, поэтому весенний ландшафт пробуждающейся дубравы представляет противоположную картину.

Черный лес расположен у края бывшего ледника; дубняки в долинах и в балках пережили ледниковую эпоху и, по-видимому, приспособившись к условиям более холодного климата, чем современный, унаследовали привычку более позднего распускания листьев.

О давности обитания этих дубняков говорит уже и занимаемая ими почва, которая представляет собой подзол почти белого цвета. Этот подзол является очень резким контрастом по сравнению с окружающим деградированным тучным черноземом, занятым дубравой в более позднее время.

Позднораспускающаяся форма дуба расселилась здесь из более южных широт, из Бессарабии или даже с Балканского полуострова.

Затем обыкновенная ель по строению шишек представляет в северной части СССР и Сибири несколько разновидностей: *Picea abovata* Ledebour или *P. altaica* (сибирская ель), имеющая шишки маленькие, длиной 6—6,5 см, продолговато-эллиптические, чешуи более толстые и древесные, наверху совершенно округленные, цельнокрайные и растущие в Сибири и на северо-востоке Европейской части СССР. Сибирская ель растет в Скандинавии и во Франции. В последнее время она найдена в б. Орловской губернии, по сообщению П. Виноградова-Никитина и В. Н. Хитрово (Дневник XII съезда русских естествоиспытателей и врачей в Москве, 1909, № 7, стр. 274). Первый нашел ее в большом количестве в брянском лесном массиве, а Хитрово обнаружил «в засеках, соседнего с Лихвенским, Козельского уезда» *Picea ugalensis* Terl. (плоские чешуи, обратнойцевидной формы, с вершиной, притупленной и зазубренной), *P. medioxima* Nyl.—форма, промежуточная между вышеназванными и обыкновенной елью (*P. excelsa* Link.), распространенная в Финляндии, особенно в северной ее части (лапландская ель, *P. lapponica*, из Лапландии).

Но, кроме того, обыкновенная ель (*P. excelsa* Link., шишки продолговато-цилиндрические, длиной 10—16 см, верхний край чешуи зубчато-выемчатый, распространенная в юго-западной, средней и северной части СССР, а также в Западной Европе) встречается в двух биологических формах, различающихся не столько анатомо-морфологическими признаками, сколько временем наступления фаз распускания листьев и цветения. Поздно-

распускающаяся форма южного происхождения (*Picea excelsa* var. *chlorocarpa* Purkyně), встречающаяся нередко в лесах средней части СССР более или менее заметной примесью, весной распускается и цветет, по сравнению с основной формой, на две-три недели позднее, а при дружной весне—и на меньший срок. Наряду с тем эта форма отличается от основной (северной формы) целым рядом морфологических признаков: мужские цветы—красновато-бледные, а не ярко-розово-красные, шишки молодые—зеленого цвета (а не фиолетово-коричневые), а спелые ржаво-желтые (а не красно-коричневые) и более длинные; чешуи шишки менее заострены; семена более светлые и труднее выделяются из шишек (аналогично европейской лиственнице) хвоя—больше и темнее, более оттопырена; ветви второго порядка—повислые, и потому крона сквозистая, почему во Франции эта форма называется «плакучая» (*erisea pleureur*); рост в высоту, в возрасте от 30—50 лет, более энергичный, и потому вершина в этом периоде жизни остроконечная; древесина, благодаря узкой весенней зоне, тяжелая и твердая; вследствие позднего распускания хвои гарантирована от повреждения весенними утренниками и менее повреждается гусеницей монашенки.

Позднораспускающаяся форма ели, несомненно, имеет родину в Западной Европе и распространилась в Европейской части СССР с юго-запада, тогда как ранораспускающаяся ель расселилась с северо-востока, с Урала.

Наличие переходных форм шишек между типичной европейской и сибирской елью, встречающихся в Европейской части СССР, говорит о давности перекрестного опыления этих елей после их взаимной встречи. Физиологические привычки, проявляющиеся, между прочим, во времени облиствения и цветения, сохранились по наследству, как глубокие, внутренние признаки, связанные с химией растения.

Отсутствие статистических данных о количественном участии позднораспускающейся ели в наших лесах в различных местностях лишает возможности вскрыть точно путь эмиграции этой ели. Неимение же фенологических сведений о фазах развития обыкновенной ели и дуба в различных географических областях не позволяет пока указать хоть сколько-нибудь точно ту географическую широту, которая составляет родину обоих этих эмигрантов.

Заканчивая обзор эволюции растительности северной и средней России в послетретичное время, можно добавить, что громадное большинство моренных озер и других водоемов, заселившись водной растительностью, начали заболачиваться и наполняться наносом от поверхностного стока атмосферных осадков, пока не обратилось окончательно в болота сфагновые и луговые; первые поросли карликовой сосны занимали нередко огромные пространства, вследствие сплошного заболачивания больших площадей лесов, окружавших бывшие водоемы; луговые же болота, как последний этап к конечному переходу в сфагновые, покрыты карликовой березой или крупномерными ольшаниками.

Следовательно, современные болота и озера на севере, в средней юго-западной части СССР являются остатками или следами бывшего Скандинавского ледника, подобно тому как на юге и особенно юго-востоке СССР соляные озера и солончаковые болота, за немногими исключениями, представляют собой остатки отступившего постплиоценового моря, вызванного тем же ледником.

В научном отношении, однако, между тем и другим есть глубокое различие. В сфагновых болотах, по их природе, консервированы образцы эволюции растительной и животной жизни. Каждое сфагновое болото есть не что иное, как мир угасшей жизни и многовековая летопись этой жизни; по всей справедливости, его можно назвать драгоценным музеем эволюции жизни. Эти природные биологические музеи в СССР пока еще очень слабо затронуты научным исследованием, хорошее начало чему положено, между прочим, В. Н. Сукачевым.

Сфагновые болота у нас распространены в б. губерниях, Псковской, Новгородской, Тверской, Ярославской, Костромской, Нижегородской, Владимирской, Московской и Рязанской, не говоря уже о Вологодской и Архангельской.

Луговые же болота распространены преимущественно в Полесье (б. Гродненской, Минской, Волынской, Люблинской и Седлецкой губерниях).

В бывших 45 губерниях Европейской части СССР площадь торфяных болот определяется в 38 млн. га и общее количество заключающегося в них торфа исчисляется в 41 млрд. т. При этом в бывших 24 губерниях нечерноземной полосы, за исключением б. Архангельской губернии, площадь торфяных болот определяется почти в 18 млн. га. Вообще по абсолютной площади болот СССР занимает в Европе первое место.

Итак, природных биологических музеев у нас множество, и они лишь ждут исследователей, чтобы раскрыть тайну жизни былой, не только за послетретичное время, но и за межледниковую эпоху. Будет невозвратной потерей для науки, если вместе с торфом эти нерукотворные летописи и биологические коллекции пойдут лишь на топливо.

Итак, степи северной и средней СССР существовали сравнительно недолгое время, приблизительно в продолжение 1,5—2 тыс. лет. С изменением на севере климата в сторону влажности, начавшимся примерно 7 тыс. лет тому назад, наступила эпоха самооблесения этих степей, смена степной формации лесной, а затем и смена одних пород леса другими. Та и другая смена происходила в Европейской части СССР в вышеизложенной последовательности.

Процесс эволюции растительности, намеченный законами природы, продолжается и в наше время.

Таким образом, рассмотрение предмета с геоисторической точки зрения, которая освещает связь настоящего с прошлым, показывает, что как граница между степью и лесом, так и ареалы географического распространения отдельных древесных пород представляют собой феномен не статический, а динамический, явление незаконченное, а совершающееся.

Остановимся вкратце на южной части СССР, которая непосредственно не была затронута первым оледенением; талые же воды при отступании этого ледника, конечно, в громадном количестве стекали в бассейны Днепра и Дона, а также и Волги, образовавши по среднему течению Днепра на огромном пространстве мелководные озера и болота, которые вдоль левобережья Днепра спускались до Днепропетровска. Подобное же образование озер и болот одновременно с тем было, по всей вероятности, также и в бассейне Дона, в той низменной части его, куда впоследствии распространилось восточное крыло ледника второго оледенения.

В первую межледниковую эпоху, когда, благодаря тому, что климат был гораздо мягче и влажнее, чем ныне, и в районе б. средних губерний (Витебской, Смоленской, Калужской и, быть может, Московской) образовались буковые леса от расселившегося с запада бука, в южную часть СССР с запада же (с Подольской возвышенности и Бессарабии) распространились на восток и северо-восток три вида дуба (*Quercus pedunculata*, *Q. sessiflora* и *Q. pubescens*), бук и граб.

Первые два вида дуба и бук на юго-западе СССР образовали сплошные массивы, а к востоку от Днепра в степной области они распространились островами; примесь к ним, наряду с другими породами, входил также и граб, который на востоке дошел до Донской области. Пушистый дуб (*Q. pubescens*) расселился преимущественно в б. Херсонской и Екатеринославской губерниях; обыкновенный же дуб (*Q. pedunculata*) распространился в степной области также и в направлении к северо-востоку, по-видимому, до Средне-Русской возвышенности.

Одновременно с тем далеко на восток передвинулась также и восточная граница обитания тисса, против современной, дойдя до г. Лихвина б. Ка-

лужской губернии. С другой стороны, так как первое оледенение коснулось лишь западной части средней России приблизительно до меридиана Москвы, вся же остальная территория северной половины СССР, как древняя суша, была сплошь покрыта лесами различных хвойных и лиственных пород, то в межледниковую эпоху из Европейской части СССР колонизировались в Западную Европу сибирская лиственница, ель и кедр; распространившись до центральной части СССР, эти три хвойные породы прошли по Средне-Русской возвышенности на запад и, продвинувшись через Подольскую возвышенность, поселились в Карпатских горах, откуда распространились на Альпах. Сибирская же лиственница и ель расселились затем по всей территории Германии и Франции. С течением времени эти сибирские эмигранты дали там три европейские формы, слабо отличающиеся от коренных родичей. Палеонтологические находки сибирской ели и сибирской лиственницы, сделанные в Польше, Румынии, Германии и Франции, не оставляют сомнения в том, что Европа приобрела из СССР названные сибирские виды Вероятно, одновременно с этой эмиграцией, в Германии распространился из Европейской части СССР также и татарский клен, найденный в межледниковых отложениях и затем совершенно исчезнувший там.

Можно полагать, что в межледниковую эпоху наша теперешняя степная область была наиболее богата лесами разнообразного состава, как никогда после того; южнорусские степи, обильно орошаемые дождями, не знали тогда восточных суховеев и были цветущими.

Относящийся к этой эпохе лёсс, толщиной около 10—15 м, имел мощный гумусовый горизонт, который в южной части СССР во многих местах найден в погребенном (ископаемом) состоянии, будучи прикрытием—вторичным отложением лёсса толщиной около 4 м (от 3,2 до 5,3 м), образовавшегося уже в постплиоценовое время.

В области Днепровского языка оледенения вторичный (верхний) лёсс с ископаемой почвой в своем основании всегда покоится непосредственно на морене, под которой залегают древний лёсс значительной мощности.

Древний лёсс близ северной границы своего распространения имеет палевую окраску или же принимает характер сизоватого, оглеенного лёсса, а к югу от линии Сумы—Полтава—Тараща—Липецк—Брацлав—Летичев—Городок (т. е. за пределами оледенения) он, по исследованиям проф. А. И. Н а б о к и х, принимает шоколадную окраску и имеет линзовидное расчленение на отдельности, разобщенные друг от друга тонкими пластинками той же породы, но палевой окраски, давая на вертикальном разрезе картину перекрепляющихся палевых разводов на шоколадном фоне.

Впервые погребенный, или ископаемый, гумусовый горизонт был обнаружен в 1875 г. проф. К. Ф е о ф и л а к т о в ы м в Лубенском уезде Полтавской губернии (Феофилактов. «Некоторые данные о дилювиальных образованиях в Лубенском уезде».—Труды Харьковского общества испытания природы, т. IX).

Позднее многие исследователи констатировали его в различных районах как в области оледенения, так и вне ее. Обязательная сводка литературных данных о древней почве, так называемом «гумусовом лёссе», сделанная А р м а ш е в с к и м, приведена Н. К р а н ш т о ф о в и ч е м в его работе: «Гидрологическое описание территории города Люблина и его окрестностей».—Записки Ново-Александрийского института сельского хозяйства и лесоводства, т. XV, вып. III, Варшава, 1902

В 1912 г. проф. В. Д. Л а с к а р е в ы м (статья его «Два яруса в Подольской и Волынской губерниях».—Записки Подольского общества естествознания и любителей природы, т. II) описан погребенный гумусовый горизонт вдоль строившейся железной дороги Каменец Подольск—Шпетовка, на протяжении около 150 км, причем этот горизонт очерчивает древний рельеф, чрезвычайно совпадающий с нынешним, и представляет собой настоящую древнюю почву. Соглашаясь с высказанным в 1911 г. проф.

А. И. Набоких мнению, что образование ископаемой почвы относится к моменту перерыва в образовании лёсса (Набоких. «Отчет о поездках по Бессарабии»—«Бессарабское Сельское хозяйство», 1911 г.), проф. Ласкарев отнес время окончания образования найденной им ископаемой черноземовидной почвы к моменту второго русского оледенения.

В 1914 г. В. Крокосом в трех искусственных разрезах в Тираспольском уезде б. Херсонской губернии обнаружен в лёссе погребенный гумусовый горизонт, мощность 40—80 см, на глубине от 2—3 м от дневной поверхности, причем на более возвышенных местах (220 м над уровнем моря) он залегает глубже (на 3 м), чем в более пониженных (при 136 м над уровнем моря—на 2 м). (Статья Вл. Крокоса. «Изменился ли климат Тираспольского уезда, Херсонской губернии, со времени межледниковой эпохи» в вып. VI «Материалы по исследованию почвы и грунтов Херсонской губернии». Одесса, 1915).

По сообщению проф. А. И. Набоких, в северной части степной области, а именно к северу от линии Купянск—Изюм—Валки—Кременчуг—Елизаветград—Балта—Сороки—часто встречаются, как следы влажного климата, погребенные почвы подзолистого типа и типа болотных почв, с орштейном и белесым горизонтом. Так, А. Д. Архангельским и Набоких констатированы ископаемые подзолы в б. Курской, Черниговской, Киевской и Подольской губерниях. В 1913 г. А. Д. Архангельским («Заметка о послетретичных отложениях восточной части Черниговской и западной части Курской губернии».—Труды Почвенного комитета, т. XI, вып. 2, стр. 1—43) в целом ряде профилей описывается залегающая на морене лёссовая толща, заключающая в основании ископаемую почву подзолистого типа; им описаны даже два налегающих один на другой подзола.

Об обильных осадках и вообще о влажности климата южной и средней части СССР в межледниковую эпоху (т. е. перед максимальным, вторым оледенением), помимо образования погребенного подзола в б. Курской, Черниговской, Киевской и других губерниях, свидетельствуют наличие в древнем (подморенном) лёссе оглеенных вертикальных жилок (закись железа), которые на глазах, под влиянием атмосферного воздуха, окисляются, принимая палевый цвет и сообщая этому лёссу вертикальную жилковатость (см. проф. Набоких «Материалы по исследованию почв и грунтов в Харьковской губернии», вып. 1, стр. 15—16. Харьков, 1914), а также присутствие горизонтальных прослоев, обогащенных  $\text{CaCO}_3$ , и прослоев друз гипса, а равно и то, что стенки клиновидных и линзовидных отдельностей шоколадного лёсса всегда обладают лакировкой, подобной лакировке отдельностей глея с водяными трещинами, и снабжены карбонатными орштейновыми дендритами, бобовинами и скоплениями желваков и тяжелых кристаллического карбоната ( $\text{CaCO}_3$ ).

По словам проф. А. И. Набоких, все эти признаки доказывают, что нижний (подморенный) лёсс пережил эпоху своего полного оглеения грунтовыми водами, а затем в период разглеения, когда, по спаде грунтовых вод, сизая окраска перешла, благодаря аэрации, в бурую, бобовины отвердели, желваки  $\text{CaCO}_3$  потрескались, водяные трещины сомкнулись, и содержащаяся в них углекислая известь проникла в прилегающие к ним слои породы, создавая палевые разводы в шоколадной, обедненной карбонатами лёссовой массе. (См. ст. А. Набоких «Факты и предположения относительно состава и происхождения послетретичных отложений черноземной полосы России» в вып. 6 «Материалы по исследованию почв и грунтов в Херсонской губернии». Одесса, 1915).

Второе оледенение, распространившееся в южной части СССР двумя крыльями, степные дубовые леса пережили даже и при самой окраине ледника, как «Черный лес» б. Херсонской губернии и другие; бук же в степной области почти совершенно погиб, а граб уцелел островками (например Леонтьев буерак б. Донской области).

Под моренными отложениями Днепровского крыла погребены в южной части СССР остатки бука, граба, тисса, пушистого дуба и других пород.

После расставания в Европейской части СССР великого Скандинавского ледника, с установлением сухого континентального климата, когда степная флора покрыла почти всю Европейскую часть СССР, лесная растительность в теперешней степной области испытала чрезвычайно тяжелый кризис; многие островные леса дубовые, не говоря уже об уцелевших буковых, в южной части СССР, в особенности на возвышенностях, постепенно погибли при возникших восточных суховеях вследствие физиологической сухости.

Одновременно с тем, по исследованиям Тутковского, при господстве восточных ветров образовались барханы в б. Полесье, Прибалтийском крае, приозерном районе и других песчаных районах.

Черноморский бассейн, достигший во время таяния ледника почти размеров Понтического моря, стал убывать, вследствие наступившей сухости климата, и, по исследованиям геолога Соколова, знатока постплиоцена южной части СССР, уровень этого бассейна опустился минимум на 30 м ниже современного, пока не последовало соединение с Средиземным морем. Гораздо больше опустился также постплиоценовый Арало-Каспийский бассейн.

В это время в Азии последовало обмеление озера Балхаш, Иссык-Куля, Лаккорг-чо, Циллинг-чо и многих других замкнутых озер, которые, по мнению Л. С. Берга<sup>1</sup>, в ледниковый период изобиловали водой, о чем свидетельствуют террасы, сохранившиеся на высоте 30—50—85 и до 135 м над теперешним их уровнем.

О существовании в послетретичное время более сухого и теплого климата, чем современный, свидетельствуют также и древние торфяники, которые, как видно на вертикальных их разрезах, временно высохли, торф в них стал разлагаться, и высохшие болота покрылись сосновыми лесами, и почти такими же хорошими, как теперь на суходолах; вследствие этого временного прекращения торфообразования, в торфяниках образовался так называемый пограничный горизонт с большими пнями и стволами, найденный сперва в Германии, а затем у нас в СССР Сукачевым в б. Ленинградской, Псковской губерниях и других местах<sup>2</sup>.

Затем проф. Кузнецов, на основании изучения флоры юго-западного Кавказа (древней Колхиды), также высказал мысль о существовании в послеледниковую эпоху периода более сухого, чем ныне, указывая нахождение в ископаемом виде растений, более ксерофильных, чем в современной флоре.

Таким образом, целый ряд фактов из разных областей говорит за то, что в послетретичную эпоху было время с гораздо более сухим и теплым климатом, чем в современной, и что граница между степями и пустынной зоной временно переместилась севернее настолько, что дыхание пустыни испытывалось и в южной половине Европейской части СССР.

С последующим изменением климата в сторону влажности, благоприятствовавшим в северной и средней части СССР самооблесению степей и затем смене лесных сообществ и типов насаждений, в южной части СССР лесная растительность стала надвигаться на степную область частью с Приволжской и Орловской возвышенностей, преимущественно же с юго-запада (дуб, клены, липа и др.); начали расширяться леса по речным поймам и балкам, образовываться новые рощи по балкам и степным «подам»; балочные леса стали взбираться по склонам возвышенностей; в местах соприкосновения вершин смежных балок, слившись с колками «под», возникли дубовые массивы.

Степь постепенно стала отодвигаться на юг.

<sup>1</sup> Л. С. Берг. К вопросу о смещениях климатических зон в послеледниковое время. «Почвоведение», 1913, № 4.

<sup>2</sup> В. Н. Сукачев. О пограничном горизонте торфяников в связи с вопросом о колебании климата в послеледниковое время. «Почвоведение», 1914, № 1—2.

Надвигание леса на степь продолжалось и в начале исторической эпохи, так то установлено многими данными почвенными, ботаническими, палеонтологическими и другими в различных местностях СССР. Для иллюстрации можно вкратце привести следующие указания:

- 1) Надвигание лиственных лесов на чернозем в южной части б. Уфимской губернии (Костычев, 1886 г.).
- 2) То же в б. Казанской, Симбирской, Уфимской и Пермской губерниях (Коржинский, 1880 и 1891 гг.).
- 3) Самозарастание дубом степи казанского правобережья (Хитров 1908 г.).
- 4) Самооблесение по всей полосе «доисторических степей», намеченной Танфильевым (Танфильев, 1896 г.).
- 5) Смена степей лесом в бассейне р. Сызрани б. Симбирской губернии (Никитин, 1898 г.).
- 6) То же в б. Самарской губернии (А. Карамзин, 1901 г. Прасолов и Доценко, 1909 г.).
- 7) То же в Мариинском уезде б. Томской губернии (Смирнов, 1913 г.).
- 8) То же в Красноярском уезде б. Енисейской губернии (Благовещенский, 1913 г.).
- 9) То же в юго-западном Забайкалье (Прасолов, 1913 г.).
- 10) В б. Кубанской области, по исследованию С. А. Яковлева (1912 г.), доисторические степи поднимались на западно-кавказском хребте до перевала, но затем они сменились лесами, образовавшими под собой серые лесные земли, и в этом районе ныне выпадает осадков не менее 1000 мм, а в теперешних Кубанских степях—не более 600 мм. По-видимому, со времени существования степей, сменившихся затем лесами, климат здесь значительно изменился в сторону большей влажности.

До каких пределов леса могли бы, в конце концов, отеснить степи южной СССР, это входит уже в область гаданий, тем более излишних, что в эту борьбу лесной формации со степной властно вмешался человек, который одинаково стал уничтожать и леса, и степи, обращая то и другое в поля и другие сельскохозяйственные угодья. Пастьба же домашних животных направилась исключительно на уничтожение лесной растительности, которая стала поэтому усиленно исчезать в степной области.

Некоторые из русских ученых, занимавшихся этим вопросом, как проф. Докучаев<sup>1</sup> и особенно Г. И. Танфильев, придали особенное значение известной солености почв, а местами только грунтов, указывая, что в степной полосе леса растут только там, где почва несколько выщелочена, освобождена от избытка солей, особенно хлористых и сернокислых—вредных для деревьев. Степные же травы, как менее взыскательные в этом отношении, занимают и места, где содержание солей повышенное.

Эта мысль впервые была высказана в 70-х годах ботаником А. Бекетовым, который, обратив внимание на химический состав степной почвы, указал, как на одну из главных причин безлесья степи, на сильную засоленность южных почв.

Г. И. Танфильевым уделено много труда и времени на определение в различных пунктах степной области глубины залегания горизонта вскипания почвы с помощью 2% раствора соляной кислоты, так как он приписывал той или иной глубине этого горизонта и бурности вскипания решающее

<sup>1</sup> В. Докучаев. 1) Методы исследования вопроса, были ли леса в южной России. Труды Вольного экономического общества, 1889, № 1, стр. 1—38. 2) Реферат и подробный критический разбор геоботанических исследований проф. Коржинского о «В бассейне Камы и Волги». Труды Вольного экономического общества, 1889, № 3, стр. 12—16. 3) К вопросу о соотношениях между возрастом и высотой местности с одной стороны, характером и распределением чернозема, лесных земель и солончак с другой. «Вестник естествознания», 1891, № 1, стр. 1—12, № 2, стр. 57—67 и № 3, стр. 112—123. 4) К вопросу о почвенно-геологических исследованиях в Полтавской губернии. «Земледелие», 1891, № 13 и 14. 5) Наши степи прежде и теперь. СПб, 1892, 128 стр.

значении в оценке лесопригодности степной почвы. Однако нельзя не заметить, что этот метод говорит лишь о наличии углекислой извести, между тем как и весьма избыточное содержание этой соли, даже при очень близком залегании ее от дневной поверхности, отнюдь не мешает успешному произрастанию леса, как о том свидетельствуют леса, растущие на известковых, доломитовых, мергелистых и других карбонатных почвах; чтобы не приводить многочисленных других примеров, достаточно лишь отметить чудные лиственные насаждения в верховьях р. Вычегды (в Помоздинском лесничестве Усть-Сысольского уезда б. Вологодской губернии), растущие на перегнойно-карбонатной почве, подстилаемой пермскими известняками, где бурное вскипание почвы, по исследованиям А. А. Битриха, начинается на глубине всего 20—30 см от дневной поверхности. Одновременно с Танфильевым тот же взгляд разделялся К. Д. Глинкой, В. Н. Любименко и временно Г. Н. Высоцким.

Другой взгляд на причину безлесья степей и гибели искусственно разведенных степных насаждений выдвигался с половины прошлого столетия, именно тот, что главная причина лежит в недостаточности выпадающих осадков и в распределении осадков по временам года, не соответствующем жизни древесных растений. Защитником этого взгляда в свое время выступил акад. Бер, считавший продолжительное отсутствие дождей основной причиной безлесья наших южных степей. В последнее время эта мысль развивалась Г. Н. Высоцким.

Третье мнение, высказанное и поддерживаемое преимущественно американскими учеными, например У и т н е м (Whitney), придает решающее значение размеру почвенных частиц, причем мелкозем по своей водопроницаемости, по их мнению, особенно благоприятствует степным травам, деревья же не выдерживают конкуренции с ними; поэтому древесной растительности и не имеется на ровных местах и отлогих склонах степей, а она растет на более крутых склонах, где почва более крупнозерниста и потому менее благоприятна для степных растений, которые побеждаются здесь деревьями в борьбе за существование. Близкое к этому мнение высказал у нас проф. Костычев, полагавший, что «лес селится в степи только на почвах крупнозернистых, потому что они легко проницаемы для воды, а почвы нетронутых степей почти непроницаемы для дождей».

Кроме этих трех основных взглядов, высказывались также и другие мнения. Так, в недавнее время С. П. Кравковы указывалось на истощение грунта в степях удобоусвояемыми питательными соединениями, но, как выяснила критика профессора А. Н. Острякова, Н. Н. Степанова и Г. Н. Высоцкого, данные анализов Кравкова неудовлетворительны и построенная на них гипотеза непригодна. К числу факторов, оказывающих вредное влияние на лесную растительность в степях, относят еще так называемые степные «черные» бури и ветры «суховеи».

Характеризуя неблагоприятные условия жизни лесной растительности в степной области, нельзя не остановиться на физиологическом состоянии древесного растения. Количество воды, которое ствол дерева может в единицу времени проводить из почвы к листьям, и скорость этой подачи представляют капитальную важность в жизни древесного растения; к сожалению, однако, оба эти вопроса до сих пор почти не затронуты экспериментальным исследованием. Между тем не подлежит сомнению, что водопроводные пути в древесных растениях в состоянии за единицу времени доставлять к листу только определенное количество воды, особое для каждой породы дерева, при наличном состоянии последнего. Транспирация же листьев у данного дерева в различные дни вегетационного периода подвержена огромным колебаниям, в зависимости от внешних условий среды.

Поэтому транспирация листьев, превышающая количество воды, доставляемой им из почвы и водных запасов ствола, неизбежно грозит гибелью древесному растению.



Разумеется, если нарушение текущего прихода-расходного водного баланса является в растении очень кратковременным, то так или иначе, хотя и с проявлением болезненных и патологических форм, древесное растение переживает этот кризис; оно может в продолжение вегетационного периода претерпеть и некоторую повторность этих критических моментов до известного предела, за которым следует расстройство отправления организма.

Если же нарушение равновесия текущего водного баланса длится продолжительное время (положим, за сутки растение транспирирует 20 л воды, а приводит к листьям за это время только 2 л, и это требование предъявляется в течение очень многих суток), то, конечно, жизнь древесного растения немыслима, и, исчерпав весь водный запас в своих тканях, оно погибает от полной физиологической сухости.

Подобное соотношение может иметь место в степной области.

С одной стороны, здесь чрезвычайно сильная транспирация, обуславливаемая малой относительной влажностью воздуха, спускающейся иногда в течение ряда лет до 10%, высокой температурой воздуха, сильными ветрами и большой инсоляцией, а с другой—ограниченная подача влаги в стебли дерева и ничтожная конденсация мелкоземом водяных паров из атмосферы, в противоположность песчаной почве, способной конденсировать значительное количество воды.

Ввиду этого, при недоступности грунтовых вод, бездождные периоды, длящиеся нередко неделями, при условиях, вызывающих огромную транспирацию, делают физически невозможным произрастание многих древесных пород, а иным угрожают скорой гибелью.

Неравномерность распределения дождей за весенние и летние месяцы и порой недостаточность их лишь рельефнее оттеняют неустойчивость равновесия текущего прихода-расходного водного баланса древесного растения в степях.

Во много раз губительнее вышеуказанные условия для жизни травянистых растений, которые, в противоположность древесным, лишены каких бы то ни было запасных водохранилищ на критические случаи жизни. Громаднейшее большинство видов степных трав регулярно выгорает сплошь в степях к началу лета.

Чрезвычайно высокая транспирация дает возможность произрастания в степях, хотя порой и в ненормальном виде, лишь тем древесным породам, которые имеют в древесине крупные сосуды (дуб, ясень, ильмовые, белая акация, гледичия, шелковица и др.), способные, по сравнению с мелкопористыми породами, быстро проводить одновременно наибольшее количество воды к листу.

Вместе с тем высокая транспирация влечет за собой отложение минеральных солей в сосудах, сопровождающееся понижением водопроницаемости последних, а также отложение солей на поверхности листьев и под корой. Поэтому степное растение напоминает собой «малосольный огурец».

Или же, с другой стороны, в степях могут произрастать древесные породы пустынного типа, как: саксаул, песчаная акация, джужгун и другие, у которых листовые органы сокращены до минимума или даже атрофированы, и, значит, соответственно сокращена в них и транспирация. Но никаких попыток в этом направлении пока не сделано.

Разумеется, при таких условиях наши степные леса, не считая пойменных, не могут отличаться большой долговечностью—продолжительностью жизни, например, дуба ограничивается полустолетием, за каковое время плодоношение дерева повторится лишь ограниченное число раз; при неблагоприятных же условиях местопроизрастания засыхание дерева начинается еще до наступления семенной его возмужалости, то есть гибель является без оставления потомства.

Вместе с тем понятно и доминирующее значение в степях зарослей кустарников, которые, благодаря уже одной своей низкорослости, подвер-

гаются действию лишь слабых ветров, несущихся близ земной поверхности, и потому более гарантированы от большой транспирации.

Не лишнее добавить, что и названные древесные породы с крупными сосудами могут произрастать в степях лишь при наличии в почве различных микроорганизмов (микориз), необходимых для жизни деревьев, для дуба—одних, для мотыльковых—других и т. д. Этот биологический фактор, требуя предварительного внесения в почву микроорганизмов ветром, птицами и другими агентами, существенным образом замедляет естественное распространение и развитие древесной растительности в степной области.

Сама по себе наблюдаемая местами некоторая соленость почвы и грунта, а также и солончаки суть лишь бородавки на лице степей.

Итак, в современных условиях степной природы есть множество элементов климатических, почвенных, топографических, биологических и других, затрудняющих и замедляющих естественное распространение лесной растительности.

Общее число возможных сочетаний этих элементов в пространстве и времени представляется огромным, а то или иное сочетание их ставит большие или меньшие препятствия для заселения древесных растений. Природе, впрочем, нет никакого дела до каких-либо сочетаний элементов. Она не знает времени и действует стихийно, «вслепую», не считаясь со своими неистощимыми силами.

Миллионы всходов погибают, пока нескольким из них удастся окрепнуть и развиться в деревце. Каждый островок леса в степи—победа древесных растений после многовековой упорной борьбы с травянистой растительностью—победа, одержанная миллионами погибших в битве сорочичей.

В причудливой разбросанности лесных островов отражаются итоги тщательного отбора наиболее подходящих для леса местоположений в степной среде, отбора, достигнутого путем долгой борьбы.

Существующее распределение леса и степи в степной области есть результат геоисторической жизни страны. Капризные контуры той и другой формации дают лишь смутное представление о перипетиях длительной борьбы за существование между травянистой и лесной растительностью. Несомненно, в этих прихотливых контурах есть отголоски и бывших колебаний климата в сторону то сухости, то влажности. По всей вероятности, некоторые из ныне существующих лесных островов в степях возникли тогда, когда климат отличался большей влажностью или был в нем период с меньшей силой ветра или с иными благоприятными для древесных растений местными особенностями, и, следовательно, для леса легче было заселиться, чем ныне; если бы мы знали эти острова, то, быть может, относились бы с большей бережностью к их судьбе, чтобы для следующих поколений леса предоставить не менее благоприятные условия существования.



### ХІІІ. ТИПЫ НАСАЖДЕНИЙ



Существует взгляд, что в каждом данном типе условий местопроизрастания может быть только один определенный тип насаждения—основной тип, причем тип этот предопределяется условиями местопроизрастания (климатом, почвой, грунтом и рельефом); например, Лихоборскому холму (под Москвой) должен быть присвоен один основной тип насаждения.

Поэтому считают, что распределение типов насаждений по территории страны подчинено определенным фитотопографическим условиям, и полагают, что первобытно-основной растительный покров может быть расчленен на большее или меньшее количество типов сообществ, или насаждений.

В основе этого взгляда лежат две мысли:

- 1) об исключительной роли условий местопроизрастания в жизни растительности и
- 2) о постоянстве типов насаждений, их неизменности после появления на земле.

Однако с изложенным взглядом нельзя согласиться.

В формировании типов насаждений, кроме условий местопроизрастания, огромное значение имеют и другие факторы. Из них важнейшими являются следующие:

Природа самого растения—внутренний строй древесного растения с его задатками, предрасположениями, физиологическими особенностями и т. д. Это целый комплекс приспособлений, обнаруживающий большие возможности растений, независимые от почвы—грунта и климата. Так:

- а) приспособления к условию света<sup>1</sup>;
- б) затем приспособления к оплодотворению относительно пространственного распределения полов у растений, теперь разбивают все растения на 16 групп, взамен прежних 4 (обоеполые, однодомные, двудомные и многобрачные);
- в) далее приспособления к рассеванию плодов и, наконец, приспособления к термическим условиям, к ветру, влажности, высоте над уровнем моря и т. д.; словом, приспособления к физической среде, изменяющие облик растения до неузнаваемости.

Под воздействием этих живых сил растений образуются новые формы,

<sup>1</sup> Вспомните только бесконечное разнообразие форм листьев, направленных к утилизации солнечной энергии при одной и той же почве и при одном климате.

расы, словом, совершается естественная эволюция растительности на земле. Образуются новые разновидности и виды растений (так, есть 21 вид ясеня) и новые сообщества древесных растений.

В истории земли главные этапы эволюции древесной растительности представляются в следующих кратких чертах.

В каменноугольном периоде жара была одинаковая повсюду на земном шаре с большой насыщенностью воздуха водяными парами, и земля представляла собой горячее болото. Растений было всего до 750 видов, из них господствовали древовидные папоротники, гигантские ликоподии и древовидные хвощи (или каламиты); произрастали также и некоторые хвойные; в частности, характерными деревьями палеозойной эры из голосеменных растений были кордаиты, хотя появились также вальхии (*Walchia piniformis*)—близкие родственники нынешних араукарий. От этого периода до нас уцелели жалкими обрывками лишь японские гинко и австралийская даммара из араукарий, появившиеся в самом конце каменноугольной формации.

В начале юрского периода (мезозойская эра) папоротники уступили свое первенство голосеменным (*Gymnospermae*); стали господствовать цикадовые или (саговники) и хвойные; из последних к наиболее древним представителям относится сем. таксодиевых (болотных кипарисов), к которому принадлежит и замечательная секвойя (*S. gigantea*) в Америке и культивируемый в Восточном Китае глиптостробус (*Gliptostrobus heterophyllus*); сем. таксодиевых до начала кенозойской, или третичной, эры имело весьма широкое распространение на земном шаре, произрастая в Греландии, Европе, Китае и Америке. В наше время болотный кипарис, секвойя и глиптостробус являются реликтами, почти такими же жалкими остатками бывшего величия, как гинко и даммара.

Группа еловых (*Abietineae*), обнимающая роды сосны, ели, лиственницы, пихты, тзуги и кедра и насчитывающая ныне в северном полушарии наибольшее количество видов, впервые появилась единично в триасовый период, стала более частой в следующем—меловом периоде, заняв затем, взамен откочевавших на юг араукарий, обширные пространства в северном полушарии, двигаясь от полюса, тогда как араукарии распространились в южном полушарии.

В меловом периоде в северном полушарии был еще тропический климат, какой господствовал, вероятно, и на всем земном шаре; в пределах полярного круга первые признаки остывания земли явились лишь в конце мелового периода. В этот период на земле появились лиственные деревья, сперва ивы, ильмовые и клены, а потом и другие породы, причем магнолии, тольщанное дерево, платан, плющ и некоторые другие, которые, по-видимому, мало изменились со времени своего появления, хотя имели в свое время весьма широкое распространение, произрастая даже в Средней Европе; у большинства же представителей лиственной флоры Европы произошли настолько глубокие изменения, что большинство «меловых» растений не схожи с современными; лишь часть флоры следующей, эоценовой формации, в особенности конца ее, сохраняет черты, соответственные современной физиономии многих деревьев.

В эоценовую формацию кенозойской эры, когда обрисовалась Европа, прорвали земную кору Альпы и Пиренеи и образовались многие современные реки (Рейн, По и др.), в пределах полярного круга произошло дальнейшее понижение температуры, а в умеренной зоне была еще почти прежняя жара, но, хотя и в слабых чертах, возникли уже времена года. Многие формы лиственной флоры, предки коих появились в эоцене, сохранили свое место и поныне, но не мало растений эмигрировало к югу и произрастает ныне в более южных широтах.

Флоры последующего олигоцена и миоцена того же кенозойского периода, за откочеванием к югу ряда форм, близко родственны друг другу

и носят менее своеобразный характер, чем эоценовая флора, так как в эту эпоху жили уже многие современные виды или их ближайшие родственники. В плиоцене число теперешних типов стало еще гораздо более значительным; вместе с тем в Средней Европе часто встречались магнолии, корячье дерево (*Sippanotum*), ликвидамбар, маслина, олеандр и многочисленные представители лавров—все эти растения затем отодвинулись значительно далее к югу; кроме того, в наших широтах до середины олигоцена произрастали подлеском также и пальмы *Chamaecops* и *Sabal*.

В миоценовое время вся эта флора достигала крайнего севера, доходя, например, в Гренландии до 70° с. ш. и на Шпицбергене даже 78° с. ш.

Затем холодное дыхание ледяного покрова, распространившегося в северном полушарии, уничтожило в послетретичный период много видов древесных растений, а остальных оттеснило далеко на юг.

Мы живем в аллювиальное время четвертичного периода. Былая борьба за существование продолжается в растительном мире и в наши дни.

Таковы вкратце этапы эволюции растительности, в которой важную роль играла природа самого растения.

Растительный мир в состоянии непрерывающихся изменений.

Прогрессивно продолжающееся охлаждение земного шара обуславливает постепенную смену лесных зон, или типов лесной растительности, как во времени, так и в пространстве, в направлении от полюса к экватору, а также и в вертикальном направлении, т. е. по высоте над уровнем моря.

Новые сообщества древесных растений незаметно возникают благодаря:

а) продолжающейся эмиграции существующих видов на юг (так, ель, пихта и кедр еще не установились в своих ареалах после ледникового периода и продолжают перемещаться) и

б) вымиранию старых видов (сибирская лиственница, тисс) в ареалах, ставших ныне для них неподходящими. В аналогичных условиях животные перекочевывают на новые места, а древесные растения, как неразрывно прикрепленные к почве существа, обречены на вымирание.

Так, 1) дуб на севере СССР и в Западной Сибири уже вымер и

2) липа в Западной Сибири—лишь реликтовое растение.

3) На земле совершаются постоянные перемены физико-географических условий. Не будем касаться минувших геологических периодов, когда, по капризу водной стихии и горообразовательных процессов, моря переливались по земной поверхности из края в край, затопляя одни пространства и обнажая дно в других местах, а порой подвижный ледяной покров покрывал часть суши мощными толщами, выпаживая и перетирая землю, как гигантская щетка.

Вкратце остановимся лишь на переживаемом времени, начавшемся с последнего ледникового периода.

Окружающая нас среда неизбежно подвержена постоянным физико-географическим изменениям под влиянием воздействия на нее атмосферной воды, климатических агентов (холода, тепла и ветра) и биосферы, т. е. растений, животных и микроорганизмов. Поверхностные изменения в земной коре состоят в преобразовании физико-химического состава и строения почвы и горных пород и в механическом перемещении минеральных веществ воздухом и водой; благодаря этим эктодинамическим процессам, из мелового мергеля, например, образуется через выщелачивание углекислой извести сперва мергелистая, а затем и безызвестковая глина. Общие эктодинамические явления неразрывно переплетаются с физико-химическими воздействиями биосферы, накладывающими особый отпечаток на происходящие на земле перемены.

От механической деятельности воздушных течений происходят золотые (или атмосферные) наносы. Ветром, вследствие удара о встречающиеся ему на пути возвышения земной поверхности, отцепляются минеральные частицы (кварц, углекислая известь, гипс, глинозем и пр.), уносятся и отла-

гаются в виде эоловых накоплений. В результате этой неустанной работы воздуха происходят, с одной стороны, разрушения возвышенностей, а с другой—повышения изменчивости песчаными и пылевыми отложениями.

При этом очень быстрые перемены рельефа совершаются в песчаных областях (по побережьям морей, по приречным песчаным полосам и обширным районам в сухих странах, как Средняя Азия, Арало-Каспийская низменность и пр.), а также в черноземных областях, где ветром переносится черноземная пыль, отлагающаяся наносами, дюнами.

О размерах эоловых отложений, накопляющихся изо дня в день, годами и веками, можно судить по мощности южнорусского лёсса, достигающего толщины 10—15 и более метров, и китайского желтозема, образующего местами толщи до 305 м.

В грандиозном масштабе нивелирующее влияние на земную поверхность повсеместно производит вода. Ниспадающие осадки смывают с гор, холмов и других возвышенностей в проточные воды минеральные вещества и откладывают их по морским побережьям, по долинным берегам и дельтам речных систем и в озерных бассейнах (речной и озерной аллювий); эти отложения, при посредстве растений, образуют сперва болота, а затем и сушу там, где были водные пространства. Накопляясь же по склонам возвышенностей или в котловинах и понижениях земной поверхности, аллювиальные отложения поднимают эту последнюю над уровнем грунтовых вод. 42 X

Наряду с выравниванием лика земли, вода производит изменения и в составе почвы. Стекая по уклонам, дождевые и снеговые воды вымывают и уносят хлопья и тонкие частицы глины, оставляя на месте песок и хряц; при этом вымывании поверхностный горизонт валунной глины переходит постепенно в супесь или даже в песок, называемый элювиальным; от выветривания известняка остается на месте глина; от выветривания меловой породы образуется на месте лёссовидный суглинок (=элювиальный лёсс).

Далее, эрозионной деятельностью поверхностной воды, связанной с образованием оврагов, обуславливается понижение уровня грунтовых вод на значительных пространствах. Такого рода высушивание почвы—грунта имеет место, между прочим, в лесостепной полосе СССР; оно сопровождается высыханием болот, расселением сосновых насаждений за счет лиственных, перемещением березников с возвышенностей в более пониженные места и т. д.

При помощи же атмосферной воды, как химического агента, и при посредстве биосферы совершаются в почве и грунте разнообразные физико-химические изменения—подзолообразование, деградация чернозема, солонцеватость, прослойки и т. д.; в частности, в песчаных почвах образуется водонепроницаемый ортштейн, то есть сцементированный окислами и перегнойными солями железа прослойка, на котором задерживается почвенная вода. Словом, вода совершает в природе вечный круговорот, постоянно переходя из жидкого состояния в газообразное или твердое и обратно, и она неустанно производит на лице земли огромные перемены в рельефе, механическом и химическом составе и строении почвы—грунта. Вода же дает жизнь растительному и животному миру, который в свою очередь обуславливает глубокие физико-химические изменения в окружающей насаждение среде.

Наряду с тем в природе совершаются брикнеровские периоды колебаний, или возмущения климата, отражающиеся на составе лесных сообществ.

4) Изменения, какие на земле вносит лесорастительный покров, в климате, почве и грунте, т. е. в условиях местопроизрастания, или в окружающей среде, в свою очередь обуславливают перемены в характере и физиономии самого леса.

5) Огромные и внезапные перемены в лесорастительных сообществах производят стихийные явления на земле:

а) ураганы с ветровалами (ураган 16 июня 1904 г. свалил в Лосином Острове более 1000 га насаждений из 5000 га);

б) заносы издалека бурями вредных насекомых (монашенка в средней России в 1893 г.) и

в) пожары, разрушающие лесорастительный покров и сменяющие его

Об опустожительности лесных пожаров на Руси былых времен можно судить по следующим справочным сказаниям русских летописей:

1092 г. «В се лето суша такова бысть, яко и земля изгаряше и болота, и борове, сами зажигахуся». (Густынская летопись).

По Никоновской летописи, с 1363 г. подряд три года горели леса и болота, курялся воздух и высохли источники.

1364 г. «Мгла стояла с поллета и зной и жары бяху велицы, леса и болота и земля горяще, и реки пересохша, иные же места водные до конца исохша». (Никоновская летопись).

1372 г.... «Сухмень же бысть тогда велика, и зной, и жар много, яко устрашишь и вострепетати людем; реки многи пресохша и озера и болота, леса и боры горяху, и болота высохша и земля горяще». (Никоновская летопись).

1384 г. «В лето погореша леса и сена много по пожням... бысть помрачение на многие дни и нощи и птицы падаху на землю и по воде не видяху камо летети». (Новгородская летопись).

1431 г. «Засуха бысть велия, и земля и боры и болота горяху, и гла: быся велик по всей земле Русской». (Никоновская летопись).

1533 г. «От июня 23 не бысть дождя до сентября месяца, но засуха и мгла велия, аки дым горка, леса выгораша, и болота водные высохша, и солнце в 3 часа дня явльшеся красне, и луч сияше от него красен через весь день и зрети на него не мочно». (Воскресенская летопись).

Того же лета «начаша леса горети и мхи, и во многих местах села выгореша, и быша дымове превелики и мрак, яко солнечного сияния на облаце не видети от дымного помрачения». (Русская летопись, том VI).

1735 г. В июле царица Анна Иоанновна писала генералу Ушакову: «Здесь (т. е. в Петербурге) так дымно, что окошка открыть нельзя, а все оттого, что по прошлогднему горит лес; нам то очень удивительно, что того никто не смотрит, как бы оные пожары удержать, и уже горит не первый год...».

Человек, как крупный фактор в природе, вызывает громадные перемены в растительном покрове земного шара. Влияние его проявляется:

- а) пастьбой скота,
- б) огнем и
- в) топором.

За последние 2 тыс. лет в Средней Европе, покрытой прежде сплошными лесами, 0,75 лесной площади расчищено и занято полями и лугами. Эта смена формаций—колоссальная!

Человек стал уже великой силой, которая управляет живой природой. И власть его быстро растет!

Воздействия человека влияют на характер растительного покрова земли, пожалуй, в меньшей степени, чем природные условия местопроизрастания. Они диктуют, какие сельскохозяйственные растения должны произрастать на культурных землях. К этому же экономическому распорядку направляется человеком также и пользование лесными землями.

Итак, при вековечной игре столь различных сил, больших и малых, должны быть неизбежно вековые изменения и лесной флоры; первобытно-основного лесорастительного покрова на земле никогда не существовало.

В природе нет ничего абсолютного константного; в ней, как в калейдоскопе, вечная смена, безостановочное движение.

Поэтому не может быть и речи и о постоянстве типов леса.

Одни и те же условия местопроизрастания (например, Лихоборский холм) при различных сочетаниях других условий дают возможность существования различным по составу насаждениям.

Выбор того или иного из них решается экономическими интересами человеческого общества.

Но какое бы насаждение ни возникло, естественно или искусственно, на данном месте (березник, ельник, дубняк и т. д.), условия местообитания влияют на степень его роста, прирост древесной массы, качество древесины, состояние здоровья насаждения и т. д., словом, ими накладывается определенный отпечаток на насаждение. В физиономии леса, как живом сочетании растущих общественно организмов, отражаются все внешние, действующие на него факторы, резкий пример представляет сосновый бор и сосновое болото!

Зависимость между насаждением и окружающей средой настолько велика, что она придает насаждению весьма характерную физиономию, определенный штамп, типичный для данных условий местообитания. По этим типичным чертам может быть установлено известное число типов насаждений и бонитетов почвы.

Типом насаждения можно обозначить совокупность признаков в специальной приспособленности к определенной среде таких сообществ древесных растений, которые связаны между собой единством происхождения, однородностью местообитания и общностью внешней формы и проявлений жизни входящих в сообщество древесных растений и все существенные признаки и свойства которых, как анатомо-физиологические, так и лесотехнические, в определенном возрасте, почти одинаковы между собой. Проще говоря, тип насаждения—это идеально мыслимое лесное сообщество, наиболее приспособленное к данной среде, и характерные черты его определяются и ограничиваются типом соотношений между средой и лесорастительным покровом.

Отдельное конкретное сообщество лесных растений, как бы ни были типичны в нем все черты, представляет собой не тип, а только известный момент развития определенного типа, некоторую вариацию его. Целая группа таких сообществ деревьев может быть настолько однородной сама по себе и по условиям своего местообитания, что составляет одну и ту же вариацию определенного типа, другими словами, в пределах одного типа может быть несколько вариаций.

Ближайшей задачей исследователя является установление определенных типов соотношений между средой и лесорастительным покровом, базирясь при этом на соответственной группировке вариаций исследуемых «отпечатков». Так как в природе имеются бесчисленные переходы от одних категорий явлений к другим, крайняя же дробность подразделений, детализация переходных этапов является излишней, то талант исследователя подсказывает ему пределы вариаций.

Типы насаждений на данной территории земли обрисовываются из совокупного рассмотрения:

- а) состава насаждений,
- б) качества роста леса и технических свойств древесины,
- в) формы насаждений,
- г) условий местопроизрастания и
- д) геоботанических условий страны, т. е. данной стадии в эволюции лесной растительности.

Не будем вдаваться в детали вопроса, как возникли типы насаждений, так как это—сложная и длинная история, которую при современных наших знаниях не только трудно, но даже и невозможно раскрыть во всех подробностях. Какие бы, однако, трудности ни возникли при освещении вопроса о происхождении типов насаждений, для нас нет основания сомневаться в том, что все типы произошли в результате целого ряда изменений и приспособлений растений к среде.

Растения, изменившиеся в направлении приспособления к условиям их жизни, имеют больше шансов на сохранение в данной обстановке, а в



результате главные черты типа насаждения являются естественно отобранными. Сложившиеся анатомо-физиологические признаки и свойства сохраняются в насаждении в течение всей его жизни (150—200 лет и более), прогрессируют при этом отбираясь, улучшаясь естественным отбором, при самозреживании насаждения.

До настоящего времени типы насаждений, можно сказать, еще совершенно не затронуты изучением, несмотря на многие сделанные попытки, которые все страдают отсутствием методологии и тем существенным недостатком, что в них все внимание останавливается на рассмотрении лишь условий местопроизрастания, а самый объект—насаждение—оставляется почти втуне.

Для сосны в СССР пока в самых смутных силуэтах намечаются 12 типов среды:

I. Сухой бор. Покров лишайниковый. Холм с сухим песком. Грунтовые воды недоступны. Ствол полнодревесный; древесина смолистая, мелкослоистая и крепкая.

II. Свежий или мшистый бор. Покров моховой. Сосна—кондовая, с примесью лиственницы на северо-востоке Европейской части СССР. Холм с свежим песком. Грунтовые воды недоступны. Экономическая спелость 160 лет в б. Вологодской губернии.

III. Суборь. Супесь с доступной грунтовой водой:

1) моховой покров без подлеска, с редким еловым подростом (*Pinetum abietum*);

2) травянистый покров с подлеском можжевельника и рябины; с примесью ели и единичной березы или с густым подлеском рододендрона кавказского; ствол более сбежистый; древесина мелкослоистая, смолистая и ценная. Экономическая спелость сосны 150 лет (в б. Вологодской губернии).

IV. Подборье. Супесь или песок. Перегной кислый. Покров—кукушкин лен с примесью сфагнома. Место сырое из-за близости грунтовой воды. Рост плохой, стволы искривлены. Характерна примесь березы и в подлеске багульник.

V. Суболоток. Место мокрое, с перегнойной или торфяной почвой. В покрове—основа сфагновые мхи. Стволы саблевидно искривлены или наклонены; суковатость и свилеватость обесценивает ствол до дровяного материала.

Целесообразно обращение в сенокосные угодья, как и подборья.

VI. Болото сфагновое.

VII. Согра сосны. Низина с водотеком. Почва очень мокрая, глубоководно-торфянистая, подстилается суглинком. Поверхность кочковатая. Древоустой редкий, плохого роста, очень суковатый. Покров—осоки, ситники, хвощ и другие болотные травы.

VIII. Подрамень. Аналог подборья. Близкая грунтовая вода. Перегной кислый. Древоустой редкий, с примесью березы.

IX. Сурамень. Свежая супесь или легкий суглинок. На 2—3 м грунтовая вода. Густой травянистый покров. Подрост: а) еловый, б) липовый с примесью березы и дуба, в) буковый, г) каштановый и д) пальмета. Сосна с примесью березы или ели. Быстрота роста, полнодревесность ствола крупнослойность и дряблость древесины. Смена сосны елью (на севере или березой). Экономическая спелость 130 лет (в б. Вологодской губернии).

X. Рамень. Холм суглинистый. Грунтовая вода недоступна. Травянистый покров. Подрост: а) еловый, липовый или белой ольхи, б) дубовый в) буковый, г) каштановый и д) пальмета. Сосна широкооболонная, малосмолистая—мяндовая.

XI. Сосняк на меду (на известняке)—тип, аналогичный сухому бору

XII. Сосняк на гипсе (б. Архангельская и Нижегородская губернии)

С первого взгляда может казаться, что если выработаны типы лесонасаждений в стране, то отпадает необходимость в бонитировке места

Ближайшее же рассмотрение предмета, однако, показывает, что типы леса отнюдь не исключают бонитетов. Так, сухой бор, например, в б. Вологодской губернии, т. е. в условиях пониженной температуры среды, ограниченной транспирации и короткого вегетационного периода, и, с другой стороны, сухой бор в б. Самарской губернии, находящийся в условиях высокой транспирации при скудости осадков и продолжительного периода вегетации, далеко не одинаковы между собой и будут сильно различаться по производительности древесины и ее качеству, по условиям плодоношения; следовательно, хотя тип насаждения и один и тот же, но бонитеты весьма различны. Да и боры в пределах одной и той же губернии, скажем, б. Вологодской, далеко не однородны, как не однообразен и каждый в отдельности бор, занимающий более или менее значительную площадь, что, очевидно, вызывает необходимость в бонитировке почвы.

Затем на выделение бонитета места может оказывать большое влияние и топография окружающей местности. Представим себе две еловые сурамени; одна из них расположена в долине, окруженной холмами, откуда, при известных термических условиях, происходит сток холодных слоев воздуха, а другая сурамень представляет собой плато, равнину, окаймленную балками и иными понижениями рельефа, куда имеется сток холодных слоев воздуха с равнины; в первой сурамени ель в молодости, вследствие частых повреждений утренниками, будет страдать от них и иметь слабый прирост в высоту в течение ряда лет, пока она не выбьется за пределы досягаемости утренников, а во второй сурамени ель, как совершенно свободная от заморозков, будет обладать нормальным ростом. Определение здесь, при одном и том же типе леса, двух различных бонитетов может оказаться безусловно необходимым, при более или менее значительном расхождении сравниваемых между собой мест по производительности древесины как в количественном, так и в качественном отношении.

Бонитет места данного насаждения в немалой степени зависит и от исторического прошлого насаждения, сложившегося под прямым или косвенным воздействием человека или же вследствие небольшого различия в высоте над уровнем моря. Вот два ельника, произрастающих рядом на одной и той же почве; один всю жизнь произрастал открыто, беспрепятственно пользуясь солнечным светом, а другой длинный ряд лет жил под пологом березы или осины и лишь в конце концов, в силу большей теневыносливости, более продолжительного роста в высоту и большей долговечности ели, одолел верхний, угнетавший его ярус, но с явным для себя ущербом в отношении как добротности, так и своего бонитета. Хотя оба ельника и относятся к одному и тому же типу насаждения, но принадлежат к различным классам бонитета, первый, может быть, относится к I бонитету, а второй, вследствие подавленности его развития, к III бонитету.

С другой стороны, могут быть насаждения одинакового бонитета, но относящиеся к совершенно различным типам; так, в лесостепной области встречаются дубравы на солонцах или солонцеватых суглинках и, с другой стороны, дубняки на песках, образовавшиеся из подроста под сосновым лесом, после сплошной вырубki последнего, и имеющие, по сравнению с дубравами на солонцах, бонитет одинаковый или почти тот же самый (скажем, IV бонитет); физиономия же и характер обеих категорий дубовых насаждений чрезвычайно различны, как различны и требующиеся в них лесомелиоративные меры: на солонцах необходима мелиорация почвы, а в боровых дубняках—замена дуба сосной.

В основе всех функций организмов лежит свойство живой материи реагировать на внешние условия. Древесные растения, как живые организмы, болеют и страдают от неблагоприятных условий обитаемой ими среды, борются с ними во всю меру своих жизненных сил и в результате этой борьбы приспособляются к среде, приобретая определенные анатомические и физиологические особенности и внешние морфологические отличия.

Так как эти растения неразрывно связаны с занимаемой ими почвой и обладают долговечностью, то приобретенные ими отпечатки среды, накапливаясь с годами, более или менее сильно выражены в них, причем они выступают тем резче, выпуклее, чем большей пластичностью характеризуется природа данного растения. Отпечатки эти, связанные с климатом, передаются по наследству.

Таким путем в лесной флоре возникли климатические расы многих деревьев (сосны, ели, дуба и др.). Расой является такая форма, которая при обладании определенными морфологическими и биологическими отличиями, передаваемыми потомству, имеет особый ареал обитания. Для реальности расы существенно необходимо условие, чтобы она обладала известным географическим ареалом обитания, так как самостоятельность расы определяется особенностями климата.

При определенном географическом ареале расы, в местах соприкосновения ее с другой расой имеется переходная зона смешения. Изучением этих переходных зон выясняется связь данной расы с ближайшей к ней другой расой.

Все особи (например, березы или сосны) данной расы несходны между собой, у каждой из них имеются свои индивидуальные черты; но все они построены по одному архитектурному плану, по одному расовому типу. Индивидуальность можно рассматривать, как отклонение особи в известном отношении от расового типа. Заложенный в зародышевом элементе архитектурный план определяет ход развития индивидуума, но при осуществлении этот план, под влиянием внешних условий, подвергается модификациям и отклонениям (вариациям) от определенной нормы в отношении роста, веса, формы и т. д. Вариации признаков организма подчинены в простейшем случае закону нормальной кривой; обычно же они подчиняются различным типам вариационных кривых. В эволюции организмов вариации эти сдерживаются в определенных крайних пределах; для одних признаков крайние пределы сраźnieельно узки, для других же пределы вариации значительно расширяются, т. е. наблюдается стремление к дисперсии.

Приведенные соображения о типе расы и вариации относятся также и к лесонасаждению. Каждое насаждение, скажем сосновое, имеет свою индивидуальность, свои отличительные черты, которым при исследовании необходимо придавать количественную определенность; вместе с тем оно принадлежит к известному типу, от которого представляет некоторые отклонения признаков (вариации).

В отношении потребления света, тепла, влаги и питательных веществ, а также в отношении других жизненных факторов лесонасаждения представляют большие различия, как количественные, так и качественные, а также и по времени своего питания; в частности, деревья различных пород обладают неодинаковой способностью поглощать из почвы влагу и питательные вещества и черпают их из различных горизонтов почвы и грунта, в зависимости от биологических особенностей строения корневой системы.

Поэтому типология (т. е. учение о типах насаждений) должна базироваться на основах физиологии древесных растений и на изучении запросов этих последних к данным условиям местопроизрастания. Кроме того, физиологические отправления растений одного и того же вида в значительной степени изменяются в зависимости от того или иного сочетания представляемых им жизненных факторов (света, тепла, влаги и т. д.), и эти изменения также подлежат специальному изучению при выработке классификации насаждений.

С другой стороны, в природе существует почти бесконечное разнообразие сочетаний жизненных факторов с неуловимыми переходами, соответственно чему представляется также огромная пестрота в составе, структуре и свойствах насаждений.

Из этого разнообразия сочетаний условий среды можно отобрать такие комбинации условий, которые представляются существенными, в целях возможно полного выяснения проблем лесорастительной физиологии, в частности, влияния отдельных факторов на развитие сообществ деревьев, и, кроме того, являются важными с точки зрения установления типов насаждений в данной географической области.

В пределах своего географического ареала каждая раса, соответственно различиям топографических, почвенно-грунтовых, водных и других условий местопроизрастания, образует разнообразные типы насаждений. Пользуясь определенной комбинацией жизненных условий, созданной не искусственно лабораторным путем, а взятой в готовом виде среди живой действительности, мы, так сказать, ставим эксперимент с целью выяснить, как данное сочетание естественных условий влияет на физиономию, структуру и свойства насаждения (на рост в высоту и толщину, форму ствола, густоту древостоя, плодоношение, форму насаждения, технические свойства древесины и т. д.).

Для установления и описания типов насаждений необходимо не только физиологическое знание (физиологии дерева и насаждения), но нужно также знание и того, как именно отражаются на насаждении как одни, так и иные комплексы жизненных факторов.

При постановке необходимых исследований лабораторией для экспериментатора служит сама природа, которая и дает нужное знание; данный комплекс естественных условий наложил свои своеобразные отпечатки на строй и отправление насаждения: нужно лишь расшифровать живую запись природы, проштудировать эти отпечатки, познать их смысл и скрытую в них причинную зависимость.

Достаточно обширная серия исследований, предпринятых при определенном сочетании жизненных факторов, по возможности в чистых насаждениях главнейших наших древесных пород, выяснит как типичные сочетания условий местопроизрастания, так и соответствующие им типы лесонасаждений, а также биологические свойства древесных пород и лесохозяйственное значение последних в разных условиях местопроизрастания.

В результате исследования—ряду пунктов с определенным комплексом жизненных условий будет соответствовать серия картин лесорастительного покрова. Необходимо затем расчленение этого покрова на соответственные группировки, связанные, каждая, с определенным комплексом естественных условий.

Насаждения, выросшие при определенной комбинации естественных факторов, другими словами, приуроченные к определенному типу местопроизрастания, представляют собой не случайные явления, не простую серию индивидуальностей, а дают изображение типичного явления. По изученным и описанным характерным признакам этого последнего можно будет любое насаждение, встретившееся в той же климатической области, отнести к соответствующему типу из числа установленных для нее типов леса.

Для различных климатических областей, на основании типологических и общих биологических знаний, определится генетическая связь между принятыми для этих областей типами насаждения и их вариантами, так связь между субтропическим сосняком с пальмовым подлеском, сосняком с каштановым подростом, далее с буковым, дубовым, затем с липовым, белолоховым, еловым и, наконец, с одноярусным сосняком.

В пределах же данной климатической области изучение условий естественного лесовозобновления и причин смены пород может раскрыть картины переходов типов насаждения одной породы в типы другой породы и в характерные сообщества травянистых растений.

Установление и описание типов насаждений представляет собой систематизацию, классификацию множества разнообразных насаждений в отно-

шении всех главнейших лесных пород. Это есть средство группировки насаждений; при этом группировка должна быть не искусственная, т. е. основанная на ограниченном числе наглядных признаков (как искусственная, например, система растений Линнея, составленная на основании половых частей цветов), а естественная, т. е. базирующаяся на приятии в основу всей совокупности признаков.

Естественная классификация насаждений должна выяснить влияние среды на сообщества древесных растений и раскрыть сложную сеть то более близкого, то самого отдаленного сходства между типами насаждений, их родство и соотношения, а также установить связь между почвенными бонитетами для разных пород как в данном географическом ареале, так и в различных климатических областях.

Выработка естественной классификации насаждений, наиболее согласной с природой, трудный, долгий путь для ряда исследователей; сама по себе она может быть целью научного исследования. Предварительно требуется огромная серия частных исследований с целью создать возможно верную картину действительности. Затем вторая работа—сводка этих описаний для обрисовки общих силуэтов типов насаждений в стране, как стройного целого.

Важной задачей лесоведения вообще и установления типов насаждений в частности является изучение взаимоотношений среды и сообществ древесных растений, и это изучение имеет своей целью:

1) выяснить те отпечатки в морфологии и анатомии и физиологии растений, а равно в структуре и свойствах насаждений, какие накладывает определенная среда,

2) выработать средства и способы помощи насаждению в проявлении им всех жизненных возможностей и приспособлений в борьбе с неблагоприятными условиями среды.

Изучение типов насаждений должно исходить из взгляда на соотношения между неблагоприятными факторами среды и подчиненными им сообществами древесных растений, притом из взгляда мугуалистического, так как среда влияет на растения, а с другой стороны, и сообщество лесных растений в свою очередь воздействует на среду.

При описании типов насаждений для лесовода, как объекты исследования, должны быть равноценны и среда, и обитающее в ней сообщество деревьев, с центром тяжести работы, отнесенным к сообществу, так как природа древесного растения и его отношение к среде определяют характер, тип насаждения; растение, как живой организм, обладает широкой приспособляемостью и изменчивостью, почва же по отношению к нему есть только квартира, жилище.

При этом описании в основу непременно должно быть положено применение методов массовых таксационно-дендрометрических изысканий и биометрического анализа, так как они дают и все формы вариации, и достоверные средние, и корреляционные соотношения между различными признаками лесных растений, а вместе с тем вскрывают и природу самой среды.

Лишь в помощь к этим методам, при изучении влияния отдельных факторов из физической среды на растения и их сообщества, целесообразным является метод экспериментальный:

- а) физиологические опыты в лаборатории и
- б) экспериментальные изыскания на небольших пробных площадях (с однородной почвой) для характеристики жизненных процессов насаждения.

Обычно производимые типологические работы носят характер индивидуализированный: в них много субъективных впечатлений, но крайне мало счета, меры и веса как в отношении среды, так и в отношении сообщества лесных растений.

Образовались уже залежи типологических работ, дающие много личных впечатлений, фактов, но ни одной обобщающей мысли. Область же

взаимоотношений среды и лесонасаждения по-прежнему остается непочатым полем для типологических изысканий.

Лесоводу-типологу надо твердо и всегда помнить, что одной из его задач является раскрыть тайну соотношений между средой и лесонасаждением и изучить типы тех отпечатков на лесных сообществах, какие накладывает данная среда, притом изучить их настолько, чтобы по описанию этих отпечатков можно было сказать, какова была воздействующая среда. Каждый тип насаждения должен быть в немногих чертах так описан, чтобы всякий, видевший его, мог по описанию узнать предмет (как по фотографии мы узнаем знакомое лицо), что и составляет собственно главнейшую цель всякого описания.

В формировании типов насаждений лежат в основе великие принципы борьбы растения за жизнь и приспособления его к среде. И лишь на этой основе естествознания можно ткать типичные образы насаждений, как яркие картины природы растения, пользуясь при этом методами математического анализа, разработанными биометрикой, так как изучение типов насаждений, по существу, сводится к изучению изменчивости признаков лесного сообщества и условий среды. Построенная таким путем естественная классификация насаждений может найти себе широкое, общее применение не только в лесоводстве, но также в географии растений, биологии и других областях знания. Как основанная на рациональных началах, она способна к дальнейшему усовершенствованию, по мере развития наших знаний и углубления научной мысли в тайники жизни леса.

Различные типы местообитания представляют целый ряд минимумов для жизни растения: недостаток то тепла, то влаги, или иссушающая жара, или избыточная влага, или поздние весенние утренники, или ранние осенние заморозки, недостаток то кислорода для дыхания корней, то кальция в почве и тысячу других подобных минимумов климатических и почвенных, которые создают неблагоприятные условия для развития сообществ растений.

Установление наличности тех или иных минимумов в различных типах местопроизрастания также может быть осуществлено, независимо от метеорологических и почвенных приборов или анализов почвы, осмотром самого растения, которое является лучшим, самым чувствительным инструментом, точно регистрирующим то, чего ему недостает для полного развития. Отчасти поэтому, как сказано выше, центр тяжести типологических изысканий должен быть не на среде, а на сообществе лесных растений.

Изучение вышеуказанным путем типов насаждений даст в руки лесного хозяина и мелиоративные меры, благодаря которым насаждения проявят все свои способности и приспособления в борьбе с неблагоприятными факторами данного типа условий местопроизрастания. Выработка мер борьбы с минимумами—такова одна из попутных конкретных задач типологических исследований. Внесением удобрений, орошением, осушкой, аэрацией почвы и грунта и другими мелиоративными мерами ухода за почвой, наряду с выбором сортов и рас растений и с уходом за насаждением, представится возможность изменять не только бонитет почвы, но во многих случаях даже и тип насаждения.

В борьбе с минимумами весьма целесообразными должны оказаться биологические приемы, основанные на использовании особенностей природы и свойств древесного растения, которыми определяется и контролируется его наследственность. Пока наследственность у лесных деревьев еще очень мало о вещена, поэтому понятно, что в современном лесоводстве интерес односторонне сосредоточивается на среде, и проявляется сильная тенденция придавать наследственности второстепенное значение. Между тем для типологии и вообще для лесоводственного прогресса необходимо основательное знание наследственности древесных растений. Успехи последнего двадцатипятилетия по выращиванию новых сортов сельскохозяй-

ственных и садовых растений наглядно показали, что человек, направляя своей работой наследственность растений, может вызывать в них изменения, столь же важные в хозяйственном отношении, как и условия местопроизрастания.

Отнюдь нельзя упускать из виду, что, кроме среды, при воспитании лесных растений мы имеем дело с сложным и важным внутренним строением растительного организма и что, с изменением в пространстве климатических условий, меняется не только почва, но еще в гораздо большей степени подвергается перемена живое растение. Серьезное внимание должно быть посвящено изысканию разновидностей и сортов лесных деревьев, которые, при данных условиях среды, давали бы максимальную производительность древесины наивысшей ценности. Применение потребных семян поэтому должно быть сообразовано с типичными условиями местопроизрастания, т. е. для каждого типа местопроизрастания должны применяться, по возможности, особые семена, отличающиеся выгодными для того особенностями.

Наследственность и искусственный отбор (выбор подходящих рас, отбор семян и лучших особей и скрещивание)—две основы, на которых достигнуты колоссальные успехи воспитания культурных растений и домашних животных. Лишь при развитии научной деятельности в этом направлении может быть надлежаще разрешена задача рационального лесного использования многих типов среды (в степях, на солончаковых почвах, на сухих песках и т. п.).

Сортоводство в лесном хозяйстве пока не имеет приложения, хотя, благодаря разнообразию климатических областей и геоботаническим условиям СССР, мы располагаем большим ассортиментом климатических рас и разновидностей. Между тем сортоводство и селекция представляют в лесоводстве большое значение и одной из ближайших задач лесовода, базируясь на строгом учете анатомо-морфологических особенностей объектов, является отбор тех из существующих рас, разновидностей и форм деревьев, которые отличаются выгодными свойствами (поздно распускающиеся ель и дуб северные расы хвойных и т. д.).

Искусственным введением рас древесных пород в чуждых им климатических областях может быть определено сравнительное лесохозяйственное значение их и установлена, по однообразному масштабу, правильная бонитировка лесных почв в различных географических областях, а также могут быть выяснены изменения данной расы под влиянием новой среды биологическое соотношение между расами, наследственность признаков и ряд других вопросов биологии. Как показывает имеющаяся в лесной даче Академии богатейшая коллекция сосновых насаждений от 10- до 40-летнего возраста, выращенных из семян, собранных в различных местностях СССР и Западной Европы, такого рода эксперименты имеют серьезную важность для типологии. Суглинок б. Московской губернии может быть почти одинаков с вологодским, но произрастающие тут и там на этих суглинках сосновые насаждения представляют настолько глубокие различия между собой, что при сопоставлении надо отнести их, если не к двум различным типам леса, то, по крайней мере, к крайним бонитетам места. Столь же глубокие различия представляют эти сосняки и тогда, когда они произрастают рядом на одной и той же почве, например на суглинке Академической лесной дачи при этом бьющая в глаза поразительная разница между сравниваемыми насаждениями воочию убеждает, что не одна только среда формирует тип насаждения (как и развитие отдельных растений), а не менее важна при этом также и роль природы самого растения. В рассматриваемой экспериментальной области лесоводство соприкасается с географией растений, климатологией и эволюцией растительного мира.

Экспериментальные исследования в вышеуказанных двух направлениях, преследующие выяснение мер борьбы растения с минимумами, не

сомненно откроют новые перспективы для лесохозяйственного прогресса и дадут могучую власть человеку над лесной природой. Тогда, может быть, явится возможным и предсказание типа насаждения любой породы для определенного типа местообитания, а равно и предсказание результатов с культурой иноземных древесных растений, как лесообразователей, в новой для них среде.

Самая методика типологических работ представляется в следующих главных чертах:

В данной климатической области избирается соответственное число типов местообитания с вполне определенной, по каждому типу, комбинацией естественных факторов (геологического строения, высоты над уровнем моря, рельефа, состава почвы, условий влажности и т. д.).

В каждом из этих типов, в целях возможно точной характеристики его, надлежаше избирается серия пунктов для исследования. Выбор пункта определяется наличием в нем подлежащего изучению насаждения и отсутствием элементов исторического характера, отражающихся неблагоприятно не только на строе насаждения, но и на самой среде; при этом необходимо решительно избегать мест, где растительность пострадала от огня, ветра, пастьбы скота и т. п.

Для выбора серии местообитаний требуется предварительная оценка местности и отдельных в ней пунктов в отношении почвы, рельефа, топографического положения (пространственного отношения), микрорельефа, условий увлажнения, почвенного покрова и т. д. Выбор ряда местообитаний есть ответственная задача исследования, которая рассматривается, как анализ изучаемого типа местообитания.

Число избираемых пунктов должно быть таково, чтобы совокупность их характеризовала тип местообитания. Намечая для исследования данный пункт, надо предварительно выяснить, насколько он сходен или чем именно отличается от уже обследованных других участков; постоянное сравнение—база при выборе пунктов, которая достаточно обеспечит детальность характеристики типа местообитания.

В каждом избранном пункте тщательно выясняются и описываются:

- 1) высота места над уровнем моря;
- 2) геологические напластования (по данным имеющихся геологических изысканий);
- 3) характер рельефа (выпуклый, вогнутый и ровный) с обозначением величины уклона и направления относительно стран света и с описанием расположения пункта относительно соседних<sup>1</sup>;
- 4) почвенные горизонты, характер подпочвы и материнской породы (по вырытым ямам), с показанием скорости просачивания воды в почву и грунт в естественной обстановке<sup>2</sup>; на песках для изучения травянистого покрова необходимо тщательное описание водозадерживающих прослоек<sup>3</sup>;
- 5) глубина корнепроницаемого слоя для древесных растений;

<sup>1</sup> Так, при положении на водоразделе указать, на гребне ли его или ближе к склону находится данный пункт; при местоположении на склоне отметить, в какой именно высотной зоне его, в верхней 0,25 склона, на 0,5 и т. д., и при расположении в долине обозначить, в какой именно поперечной зоне ее избран пункт.

<sup>2</sup> Для этой цели можно пользоваться методом, предложенным проф. Н. С. Нестеровым (см. описание сконструированного им прибора в «Лесопромышленном вестнике», 1910, № 28). На почвах с постоянно излишним увлажнением желательнее, взамен результатов просачивания, показывать хотя бы приблизительное содержание кислорода в почве и почвенной воде, доступного для корней древесных растений.

<sup>3</sup> За исключением случаев определения влажности почвы весовым методом, образцы почвы с различных глубин берутся только в тех случаях, когда представляется необходимым получение подробных данных о физическом и химическом состоянии почвы. Полевой анализ, кроме вышеупомянутого просачивания воды и определения количества кислорода в почве, применяется лишь на содержание углекислых солей в почве посредством пробы 10% раствора соляной кислоты, в целях определения начала горизонта вскипания.



6) уровень грунтовых вод с показанием, по возможности, пределов колебаний его по сезонам;

7) высота пункта над поверхностью воды в ближайшем водоеме (реке, ключе, озере и пр.), определенная нивелировкой;

8) условия освещения, температуры, влажности и дренажа, а также и другие элементы, характеризующие среду. При этом требуется принимать в соображение и те перемены, которые лес, сам по себе, вносит в данную совокупность естественных условий, изменяя влажность и температуру воздуха и почвы, испаряемость почвы, распределение почвенной влаги, состав почвы, глубину залегания грунтовых вод и т. п.; этими переменами задача исследования среды существенно осложняется.

Для характеристики вышеупомянутых условий физической среды можно пользоваться соответственными методами: геологическим, геодезическим, почвенным, гидрологическим, метеорологическим и др., насколько позволяют исследователю время, средства и экспедиционный характер работы.

Затем в каждом типе среды, например на сухой боровой почве, в вышеупомянутых пунктах таксационно-дендрометрическим методом изучается известная серия сосняков, причем устанавливаются их расовые черты, их тип; хотя каждое в отдельности насаждение этой серии, в отношении отдельных признаков, и представляет собой отклонения от типа (вариацию), но для всех их в совокупности общей является известная норма, большинство их дают определенный модус, характеризующий изучаемый тип насаждения.

Общее количество обследуемых боровых сосняков колеблется от 100 до 200; число это должно быть достаточно обширно, чтобы избранные насаждения можно было считать в данной климатической области представителями изучаемого типа насаждения. В каждом из этих насаждений на взятой пробе, после обычного перечета деревьев, с выяснением количества поврежденных экземпляров, на взятых подряд 100—200 деревьях измеряются: грудной диаметр дерева, общая его высота, прикрепления кроны, высота до мертвых сучьев, ход роста в высоту по пятилетиям, объем ствола, рациональное видовое число, ширина оболони, толщина (или %) коры, коэффициенты формы ствола и другие таксационные элементы или признаки.

В целях изучения последовательного хода развития древесной породы в течение всей ее жизни в данной среде производится анализ стволов и погодный ход роста в высоту на избранных моделях, в соответственном числе экземпляров.

По собрании необходимых данных для всей серии насаждений, по каждому насаждению определяются для различных признаков: модус, медиана, среднеарифметическая величина, основное отклонение, коэффициент изменчивости и коэффициенты корреляции; эти последние вычисляются для каждой пары соответственных признаков, при этом полезно специальным исследованием предварительно выяснить, какие из многих парных признаков по своей корреляции являются наиболее важными для характеристики типа насаждений.

Определив по каждому признаку известным способом основное отклонение (сигму), мы найдем в нем количественную величину отличия обследуемого насаждения от типа, в отношении данного признака.

Величина отклонения от типа будет соответствовать отличиям в почве, освещении, индивидуальным биологическим особенностям избранного пункта от типа среды.

Обследовавши  $n$  боровых сосняков полных, скажем, 30-летнего возраста (так же как исследуется группа в  $n$  деревьев, подряд в отдельном насаждении), и обработав собранные материалы, мы сводим полученные результаты в следующей примерно форме:

Показатели	Средняя величина для $n$ насаждений	Основное отклонение	Коэффициент изменчивости	Коэффициент корреляции
Общее число живых деревьев на 1 га . . . . .	$K$	—		
Средний грудной диаметр насаждения . . . . .	$A$	$a$		
Средняя высота . . . . .	$B$	$b$		
Средняя относительная высота . . . . .	$C$	$c$		
Средний процент длины живой кроны . . . . .	$D$	$d$		
Среднее рациональное видовое число . . . . .	$E$	$e$		
Средний возраст насаждений . . . . .	$E'$	$e'$		
Максимальная высота деревьев . . . . .	$F$	$f$		
Минимальная » » . . . . .	$G$	$g$		
Максимальный грудной диаметр . . . . .	$H$	$h$		
Минимальный » » . . . . .	$I$	$i$		
Модус грудного диаметра насаждений . . . . .	$J$	$j$		
Коэффициент этого модуса . . . . .	$K$	$k$		
Модус высоты насаждения . . . . .	$L$	$l$		
Коэффициент этого модуса . . . . .	$M$	$m$		
Модус процента живой кроны насаждения . . . . .	$N$	$n$		
Коэффициент этого модуса . . . . .	$O$	$o$		
Модус относительной высоты насаждения . . . . .	$P$	$p$		
Коэффициент этого модуса . . . . .	$Q$	$q$		
Модус рационального видового числа насаждения . . . . .	$R$	$r$		
Коэффициент этого модуса . . . . .	$S$	$s$		
Основное отклонение от среднего диаметра насаждения . . . . .	$T$	$t$		
Коэффициент изменчивости его . . . . .	$U$	$u$		
Основное отклонение средней высоты насаждения . . . . .	$V$	$v$		
Коэффициент изменчивости его . . . . .	$V'$	$v'$		
Основное отклонение от среднего процента живой кроны . . . . .	$W$	$w$		
Коэффициент изменчивости его . . . . .	$W'$	$w'$		
Основное отклонение от средней относительной высоты насаждения . . . . .	$X$	$x$		
Коэффициент изменчивости его . . . . .	$X'$	$x'$		
Основное отклонение от среднего видового числа насаждения . . . . .	$Y$	$y$		
Коэффициент изменчивости его . . . . .	$Y'$	$y'$		

Каждое из  $n$  насаждений описывается в связи с характеристикой своего местообитания и в сравнении с другими соседними насаждениями и местообитаниями.

Множественность описания сообществ, хотя и весьма сходных между собой, необходима для последующей характеристики типа насаждения как совокупности однородных насаждений, потому что описание отдельного сообщества дает характеристику лишь его одного со всеми индивидуальными особенностями, а не типа.

Описание типа будет тем точнее, чем больше сделано описаний отдельных насаждений.

По вышеприведенным цифровым результатам описание исследуемого типа насаждения и связи его со средой, в конце концов, может быть выражено в математических формулах.

Наряду с насаждением делается обследование подроста, подлеска и почвенного покрова. Подрост на пробе подлежит, по каждой породе отдельно, сплошному обмеру по толщине стволиков на высоте 1,3 м от земли, с выяснением количества засохших и поврежденных экземпляров; деревца же высотой 1,3 м и ниже учитываются числом особей, включая, по возможности, даже и однолетние экземпляры. Необходимо также отметить распределение и состояние подроста, т. е. размещается ли он равномерно или же группами, хорошего ли он качества или же угнетен и в какой степени; «физиономиче-

ская» характеристика подростка служит ценным дополнением к цифровому материалу. Высота подростка определяется средняя. При наличии крупномерного подростка исследование его, сверх того, ведется в том же порядке, как описано выше относительно верхнего яруса насаждения. Подлесок подлежит сплошной регистрации по числу особей каждого вида, причем породы, растущие кустообразно, учитываются счетом кустов с показанием количества стеблей в каждом кусте, и определяется средняя высота подлеска. Что касается живого почвенного покрова, то на взятой пробе описывается общий вид травянистого покрова (густой, средний, редкий, однообразный и т. д.), ярусность его, средняя высота подседа и верхней травы, групповое распространение некоторых видов и угнетенность других и производится флористический учет покрова, при котором составляется список всех встречающихся на пробе травянистых растений, с обозначением степени распространенности отдельных видов, выделяя при этом растения, образующие фон, травы, произрастающие группами, обильно, рассеянно и, наконец, единично. По составлении этого списка выбираются три-пять площадок, величиной в 1 м<sup>2</sup> каждая, по возможности, типичных для насаждения; при выборе площадок надо иметь в виду, что даже ничтожные колебания рельефа, связанные с изменением почвенной влажности, часто обуславливают резкие перемены в видовом составе травянистого покрова почвы; бывает, что достаточно появления тонкого глинистого или суглинистого прослойка в супесчаной почве, чтобы вызвать поразительно резкую смену покрова. На избранных площадках определяется, по каждому ботаническому виду отдельно, число растений и вес их в воздушно-сухом состоянии, мхи же и лишай учитываются лишь по весу, с показанием мощности и плотности их покрова. Ввиду необходимости затраты на счетную работу значительного количества времени, можно, в крайности, расчленив живой покров по видовому составу, ограничиться взвешиванием травянистой массы в свежем состоянии и после высушки ее. По отношению мертвого покрова отмечаются его мощность, плотность, состав, кислотность (лакмус, бумага) и т. п.

На основании произведенного учета делается характеристика почвенного покрова данного вида насаждения<sup>1</sup>. Травянистый покров в лесу, по произведенным в Академической лесной даче исследованиям, обладает необычайной живучестью, сохраняя в своем составе следы производившегося 50—60 лет тому назад сенокосения и былых пожаров, и поэтому он представляет собой живую и правдивую летопись самого леса, а вместе с тем отчасти характеризует также и среду.

С выполнением вышеуказанной работы определяется тип 30-летнего борového сосняка и изменчивость каждого исследованного признака, вместе с тем мы узнаем, какие в этом типе признаки наиболее изменчивы и какие, наоборот, наименее варьируют.

И если бы мы в натуре нашли 30-летний сосняк, характеризующийся теми же средними величинами, какие найдены исследованием участков (т. е. *K*, *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F* и т. д.), и имеющий такого же состава подрост, подлесок и живой почвенный покров, то он был бы действительным типом 30-летнего борového сосняка в обследованной климатической области. Самой собой разумеется, что в действительности такого типа не имеется, так как он представляет собой сводное понятие, идеальное насаждение.

Полнота обрисовки типа насаждения требует, сверх того, произвести в вышеупомянутых участках также массовое исследование анатомо-морфологических свойств и важнейших технических качеств стволовой древесины, взятой в определенных местах деревьев, как-то: удельный вес, твердость, упругость, сопротивление на продольное и поперечное сжатие, на изгиб и на

<sup>1</sup> В лиственных насаждениях, в виду значительного изменения в них освещения почвы с весенним облиствением деревьев, учет живого почвенного покрова желателен двоекратный—весной и летом.

продольное растяжение, с установлением, путем математического анализа, по каждому техническому качеству средней величины, основного отклонения и коэффициента изменчивости для отдельного насаждения и с окончательной сводкой итоговых данных для всей совокупности насаждений, составленных аналогично приведенной выше примерной форме.

Таким образом затем исследуются с применением массового таксационно-дендрометрического метода и биометрического анализа и сводятся результаты также и для серий (число  $k$ ,  $m$ ,  $s$  и т. д.) борových сосняков других возрастов (50 л., 80 л. и т. д.). Сопоставление результатов для насаждений различных возрастов дает основание точно изучить влияние возраста на тип сухого соснового бора, его изменчивость и корреляцию признаков. Знание же влияния возраста открывает возможность исследовать также и значение важного фактора эволюции лесонасаждения, а именно естественного отбора, определяющего в типе изменчивость и корреляцию признаков.

Проделав такую же типологическую работу с сотней-другой сосняков субборевых, затем раменных и других типов местопроизрастания, мы установим и опишем все типы лесонасаждения, будем иметь количественную определенность, и все существенные признаки его, представляющие весь жизненный цикл типа, и все процессы в нем выразятся в числовых величинах.

Собравши затем и обработав соответственные данные для нескольких серий насаждений неполных (скажем, полнотой 0,5 и 0,8) для главнейших типов леса, мы всесторонне выясним в каждом из этих типов влияние полноты насаждения на все важнейшие его признаки (грудиной диаметр, высоту, технические качества древесины и т. д.) и на корреляцию признаков. Тогда, вероятно, представится возможность по неполному насаждению судить и о полном; во всяком случае, мы будем располагать гораздо более точным знанием степени добротности насаждения любого типа.

При типологическом исследовании насаждений таких древесных пород, которые распространяют свои плоды и семена на далекое расстояние посредством ветра (береза, осина, сосна, ель и др.) или с помощью птиц и отчасти других животных (кедр, тисс, бук, дуб и т. д.), или же при посредстве водных течений, исследователю, вероятно, нередко придется столкнуться с следующими затруднениями. Древесные растения, как прочно прикрепленные к земле, конечно, лишены возможности перемещаться, как то делают животные, но, в противоположность этим последним, у них имеется та чрезвычайно важная способность, что с помощью ветра и птиц они быстро могут распространять семенами свое потомство на такие далекие расстояния от своего местообитания, какие совершенно недоступны громаднейшему большинству животных, даже при внезапных перекочевках их, вызываемых голодом, пожаром или иным стихийным бедствием. Поэтому в тех географических областях, через которые порой проносятся бури с разносимыми семенами или совершаются массовые сезонные пролеты перелетных птиц, в составе насаждений вышеупомянутых пород может произрастать не чистая местная раса, а заключаться примесь популяции, образовавшейся от перекрестного опыления нескольких рас (местной и заносной), или спорадически произрастать даже сама заносная раса; причем, например, в центральной части СССР в смешении могут играть роль и южные расы русского или германского происхождения, семена которых, по-видимому, заносятся сюда от времени до времени юго-западными бурями. Чуждая подмесь должна, разумеется, затемнять анализ биологических признаков подлежащих изучению насаждений. Для выхода из указанного затруднения типологу может представиться необходимым предварительное рекогносцировочное исследование намечаемых лесных дач и самый тщательный выбор пунктов для своей работы, с обращением, кроме того, зоркого внимания на резкие биологические отклонения отдельных особей на взятых пробах.

В связи с установлением и описанием типов лесонасаждений крайне важным является, по собрании данных о запасе и текущем приросте древе-

сины в каждом изученном насаждении и по принятии соответственного числа бонитетов почвы, составить по обследованной области так называемые оштные таблицы роста леса, которые представляют собой одну из конечных практических целей выработки естественной классификации насаждений. Составление этих таблиц является в СССР насущной и неотложной задачей государственной важности, давно уже выполненной во многих государствах Западной Европы, которые, по сравнению с СССР, бедны лесами и не имеют такого разнообразия естественных условий. Без разрешения этой задачи немислимы, в условиях советской действительности, ни приведение в известность наличных лесных богатств страны, ни организация правильного хозяйства в государственных лесах, ни разумная эксплуатация этих лесов, ни правильная оценка леса и т. д. Составление областных опытных таблиц — это одна из основ государственного лесного дела в СССР; лишь наличие этих таблиц обеспечит возможность с наивыгоднейшей для страны степенью доходности пользоваться почвой, при выращивании на ней леса.

В дополнение к типологическим работам, производимым рекогносцировочно, в важнейших типах насаждений каждой области должны быть организованы на постоянных пробах стационарные исследования для регулярной регистрации перемен, совершающихся в условиях местопроизрастания (метеорологических, гидрологических, почвенных, эрозионных и др.), в связи с систематическим учетом жизненных явлений в самом сообществе лесных растений — таксационных, фенологических, флористических, фаунистических и др.

По истечении более или менее продолжительного периода времени, путем этих исследований наметятся вехами те пути, по которым совершается современная эволюция как среды, так и сообщества лесных растений. Попутно соберется ценный материал по динамике лесонасаждения, который может быть использован отчасти для последующего дополнения опытных таблиц более дробными возрастными ступенями, а также и для исправления их, если это окажется нужным.

При рассмотрении какого-либо типа насаждения возникают вопросы: одинаковое ли влияние на растения оказывает среда во все периоды развития насаждения данного типа и каким путем реагирует развивающееся насаждение на воздействия окружающих условий, формируясь в определенный тип?

Есть основание предполагать, что внешние условия оказывают на сообщество растений формативное влияние, главным образом в самые первые стадии его развития, то есть при образовании семян, затем при появлении из последних всходов и в первые годы жизни молодняка; позднее же это влияние постепенно слабеет. В самом деле, достаточно одного-двух палящих дней или одного укуса хруща, чтобы убить однолетний всход, тогда как 60-летняя сосна даже и не испытает в заметной форме действия такого рода повреждения. Как выразить в цифрах эту разницу влияния среды на растение? Для решения этого вопроса была бы поучительной такая серия опытов, положим, для типов «сосновый сухой бор» и «сосновая рамень»:

1) семена, собранные в местном бору, высеять на суглинке и на боровой песке; семена же, полученные в сосновой рамени, посеять на боровой почве и на суглинке;

2) затем высадить 1-, 3-, 6- и 10-летние боровые сосны на суглинке и, наоборот, 1-, 3-, 6- и 10-летние сосенки с рамени пересадить на сухую боровую почву; 3) аналогичный опыт посева и посадки насаждения заложить также с семенами боровой и раменной сосны, взятыми из иной климатической области.

Затем исследовать разницу в развитии всех этих категорий опытных насаждений.

Реагирование организма на окружающую среду зависит от природы организма. По отношению к непосредственному воздействию жизненных условий «мы должны постоянно иметь в виду, — говорит Дарвин («Происхо-

ждение видов», гл. 1, стр. 70),—что здесь должно различать два фактора: природу организма и природу условий. Первый, по-видимому, наиболее существенный, так как совершенно сходные изменения возникают при условиях, насколько мы можем судить, совершенно различных, а с другой стороны, несходные изменения возникают при условиях, по-видимому, совершенно однородных». Общим законом, по-видимому, является то, что действие окружающей среды на рост развивающегося организма (тоже и лесного сообщества) уменьшается быстро и постоянно по мере его развития, мысль, высказанная в 1900 г. N. M. Vernon'ом и затем Де-Фризом. Де-Фриз в своем труде «Die Mutationstheorie», 1900 г. (стр. 373), на основании исследования влияния удобрения, высадки, освещения и увлажнения на рост растения пришел к таким заключениям: 1) чем моложе растение, тем больше влияние внешних условий на изменчивость растения и 2) питание семени, когда оно еще развивается на материнском растении, имеет весьма часто большее влияние на изменчивость, чем питание в период прорастания и дальнейшего роста.

В подтверждение первого положения Де-Фриз, к сожалению, не приводит никаких реальных данных. Если принять, как общий закон, что изменчивость развивающегося организма постепенно уменьшается с ростом его, то надо признать, что в эмбриональном состоянии (т. е. в семени и плоде) и у всходов чувствительность к внешним воздействиям наивысшая, а потому и изменчивость в этой стадии наибольшая, т. е. она имеет максимальный размах; следовательно, в этом периоде жизни растения всякое изменение внешних условий должно оказывать на него наиболее глубокое влияние.

Изменения же, вносимые в среду лесным сообществом, с течением времени усиливаются; пока насаждение молодое, оно оказывает лишь ограниченное влияние на поверхностный горизонт почвы и на окружающую атмосферу; с последующим развитием корневой системы, в круг воздействия древесных растений входит вся почва, а затем и грунт, причем органическими веществами производится выщелачивание минеральных солей из поверхностного горизонта (оподзоливание почвы), а с другой стороны, грунтовые воды, поднимаясь капиллярно к корням деревьев, могут выделять в грунте минеральные соли, с ростом же насаждения в высоту и развитием древесного полога в нижних слоях атмосферы задерживаются воздушные течения, увеличивается влажность воздуха и т. д.

Что касается хода изменчивости признаков насаждения с его возрастом, то исследованиями в Академической лесной даче вполне установлено, что, благодаря постепенному удалению естественным отбором сильно уклоняющихся индивидуумов, изменчивость признаков в сообществе деревьев с годами становится меньше, и, следовательно, деревья с возрастом являются все более и более приспособленными к среде.

При изучении типов насаждений нужно иметь в виду общий биологический закон, что организм представляет тем меньше изменчивости, чем более он приспособлен к окружающей среде. Следовательно, чем меньше насаждение известной породы приспособлено к данной среде, тем больше в нем выражена изменчивость признаков. Определив поэтому коэффициенты изменчивости, положим, в сосновых насаждениях различных типов местопроизрастания в известной области, мы по этим коэффициентам узнаем, к каким условиям местопроизрастания в данном климате сосна наиболее приспособлена, а по отношению ко всей территории страны тем же путем можем определить, к какому именно району, к какому климату сосна наиболее приспособлена и где поэтому ей менее всего грозит опасность вытеснения другими породами леса, т. е. определить климатический оптимум сосны. По тем же коэффициентам изменчивости признаков, вероятно, может быть выяснена, по различным типам местопроизрастания, также и сравнительная приспособленность к среде, или жизнеустойчивость нескольких древесных пород в данном климате.

Следующим серьезным вопросом биологии лесорастительных сообществ является то, в какой степени замедление или ускорение в росте, происшедшее в насаждении в известном периоде его развития, остается неизменным, устойчивым в последующей его жизни. Эффект, произведенный в первой стадии жизни, может быть в значительной мере компенсирован последующими обратного характера изменениями в росте растений, так что не остается от него почти никакого следа. Но, может быть, этот эффект сохраняется на всю жизнь организма хотя бы и в ослабленной степени. Первое предположение трудно допустимо, в особенности при продолжительности срока первоначального воздействия на растения; вероятнее же второе. Было бы желательно специальное исследование по этому предмету.

Далее, в биологии лесорастительных сообществ представляется капитальной важности вопрос о том, передаются ли материнскими растениями потомкам изменившиеся и отобранные окружающей средой анатомо-физиологические признаки и свойства типа насаждения; проявляет ли, например, 200—250-летняя боровая сосна тенденцию дать семенами боровые же сосенки или же все приобретенные ею за свою долгую жизнь специальные типовые особенности, при размножении ее, сходят на нет? Если наследственная передача типовых признаков, связанных с почвенной средой, существует, то она обеспечивает дальнейшее расчленение и развитие типа во времени, в частности в отношении степени его приспособляемости к среде; если же этой передачи по наследству не имеется, то тип возникает, рождается на данном месте, при возобновлении насаждения, без сохранения деталей тех вариаций, тех особенностей, которые произрастававшему здесь ранее материнскому насаждению были сообщены за долгое время его существования. Передача потомству климатических расовых признаков (расовых признаков), как прочно установлено экспериментальным путем, не подлежит никакому сомнению.

Наследование же особенностей, приобретенных растениями под влиянием почвенной среды, хотя бы притом и резко выраженных в строении плодов и семян, представляется, по-видимому, весьма сомнительным. Обширный опыт по селекции сельскохозяйственных растений, а также, правда, небольшой опыт по культуре древесных растений<sup>1</sup>, говорит, что растение по существу средой не изменяется, проявляя лишь, в зависимости от различий среды, то одни, то другие из присущих ему возможностей. Эта неунаследуемая изменчивость растений, связанная с почвенным субстратом, часто называется модификацией.

Семена, попавшие в почву иную, чем та, на которой произрастали материнские растения (например, в торфяное болото из соседнего бора или наоборот), дают растения, которые лишь первое время развиваются по схеме материнского растения, а затем (со второго года жизни), под воздействием среды, вызываются в них изменения, направленные к приспособлению всходов к новым условиям жизни.

Следовательно, тип насаждения, будет ли то стройный бор или карликовый болотный сосняк, или какой-либо иной, складывается, создается в данной среде каждый раз, при образовании насаждения. Желательно, однако, выяснение этого положения экспериментальными исследованиями по изложенному выше плану, хотя бы с боровой сосной и карликовой болотной сосной.

Затем при обсуждении классификационной схемы типов лесонасаждений возникает общий вопрос, насколько устойчивы типы насаждений в пространстве. В условиях существования насаждения имеются факторы, которые проявляют тенденцию поддержать его существование на данном месте неизменно, равно как есть и такие, которые колеблют эту устойчивость, как-то:

<sup>1</sup> См., например, исследование Н. П. К о б р а н о в а. К вопросу о происхождении болотной сосны. СПб, 1912.

вредные влияния со стороны человека, животных и стихийных сил (огня, ветра и пр.) на жизнь леса, неблагоприятные условия народного хозяйства в его отношении к лесу и т. д.; надо отметить также вышеуказанные изменения, происходящие в самой среде: вследствие непостоянства погоды бывают периоды с повышенным и, наоборот, с низким содержанием почвенной влаги; по причине обращения лесов в сельскохозяйственные угодья во многих местностях наблюдается прогрессивное понижение уровня грунтовых вод, а если последние питают насаждения влагой, то с этим понижением неизбежно связано ухудшение в росте деревьев и смена их ксерофитами (например, березы сосной), тем более что оголение местности, открывая доступ ветру, обуславливает значительное повышение транспирации влаги древесной растительностью.

Указанные противоположные влияния различных факторов действуют непрерывно, постоянно переплетаясь между собой; вследствие этого каждый тип насаждения носит на себе печать всей пестрой совокупности этих воздействий, меняясь по мере изменения соотношения действующих сил; кроме того, постепенно вносятся изменения геоботаническими условиями, сопряженными с эволюцией растительности на земле (эмиграцией одних видов, вымиранием других и образованием новых форм и видов). Вместе с тем, так как естественные факторы благоприятствуют произрастанию почти на каждом участке земли не одной лишь породы, а нескольких, то, под воздействием человека, биологических, стихийных и иных сил, один тип насаждения может переходить в другой, который, в силу дрящегося характера жизни насаждения, может занять место на продолжительное время—200 лет и более.

Каждый тип насаждения не остается на занятом им месте навсегда неизменным, а с изменением условий среды, происходящим естественным путем или под влиянием человека, он изменяется, переходя в другой тип. В ельнике на сырой иловато-болотной почве с прогрессирующим развитием сфагновых мхов затрудняется произрастание ели, которая не мирится с торфяным грунтом; взамен погибающих старых елей появляются береза и сосна; затем ель исчезает, за ней в свою очередь выпадает и береза, тогда торфяник значительно утолщится. В конечном результате, на месте ельника появляется карликовый сосняк на сфагновом болоте.

С другой стороны, торфяные болота, по мере увеличения дренажа с углублением русла водотехов (речек или ручьев), постепенно высыхают, поэтому рост сосны улучшается, появляется и подрост сосновый; в конце концов, болотистый сосняк, переходя через стадию субболотка, превращается в подборье, которое в свою очередь при известных условиях может преобразоваться в тип мшистого бора. Искусственно человек может произвести эту смену типов в короткий промежуток времени: осушка болота, при небольшой мощности торфяника (до 1,5 м), способна превратить низкорослую сосну, высотой 7 м, даже после 65-летнего ее произрастания на торфяном субстрате, в сосняк сройного роста, высотой 26—30 м, при возрасте около 110—120 лет.

Ввиду вышеизложенного весьма ценными могут быть упомянутые выше стационарные исследования перемен, совершающихся как в среде, так и в лесном сообществе. Сверх того, изучением явлений смены пород на вырубках и пожарах может быть выяснена генетическая связь между типами насаждений различных пород в известной географической области, а это в свою очередь может пролить свет на историю развития типов насаждений во времени.

В общем следует признать несомненным, что под воздействием вечных законов причинной связи и эволюции, с одной стороны, и под влиянием сложных сплетений преходящих внешних условий существования,—с другой, типы насаждений постоянно эволюционируют; вечно изменяясь, они сменяются один другим, хотя часто мы и не знаем, в каком направлении, в каком размере и от каких причин совершается эта смена. Никто не станет удивляться тому,



что многое остается еще невыясненным, «если только отдаст себе отчет : глубоком неведении, в каком мы находимся по отношению к взаимной связи бесчисленных живых существ, нас окружающих. Кто объяснит, почему один вид широко распространен и представлен многочисленными неделимыми, а другой мало распространен и редок? Еще менее знаем мы о взаимоотношениях бесчисленных обитателей нашей планеты в течение прошлых геологических эпох ее жизни» (Д а р в и н. Происхождение видов).

В заключение можно сказать, что разработанная вышеуказанным методом типология с естественной классификацией насаждений послужит одной из основ рационального лесного хозяйства, рационального как потому, что она дает хозяину силу научного знания, так и потому, что лишь благодаря ей может быть произведен верный экономический расчет при организации хозяйства. Пока же не будут выполнены намеченные исследования, лесовод беспомощно будет стоять перед калейдоскопически пестрыми, бессвязными картинами разнообразных насаждений, лишенный возможности извлечь из них какие-либо обобщения и руководящие начала; он по-прежнему будет слепо брести по бесплодному пути схоластики и рутины, повторяя на разные лады шаблонные догмы.



## XIV. СФАГНОВОЕ БОЛОТО

**В**идовой состав сфагнового ковра на болоте очень разнообразен; в нем нередко преобладает *Sphagnum medium* с довольно широкими листочками, имеющий беловатые или красноватые головки веточек; в понижениях доминируют виды, предпочитающие мокрый субстрат, как *Sph. cimbifolium*. Верхушки же кочек занимают преимущественно *Sph. fuscum*, который, по-видимому, не выносит излишка влаги склонов кочек и межкочкарных впадин; у этого мха листочки более узкие, чем у *Sph. medium*, и он имеет большей частью бурый цвет.

На поверхности торфяника, помимо разных видов сфагнома (белого, бурого и красноватого цвета), на более повышенных местах встречаются пятнами также и другие мхи зеленого цвета; это некоторые виды гипнума<sup>1</sup> или кукушкин лен (*Polytrichum strictum*) с его характерными коробочками (спорангиями) со спорами; попадаются и лишайники—кладония и олений мох (*Clad. rangiferina*, *Clad. alpestris* и др.); ряд других лишайников густо одевает усыхающие ветви сосны.

Флора мохового торфяника ничем не отличается от полярной тундры, общее между ними—обилие влаги, а однородность условий вызывает и одинаковую растительность. Растения мохового болота выбрали для себя такую среду, в которой они не встречают конкурентов из представителей других растительных сообществ.

Моховые болота простираются довольно далеко на юг; в общем граница их массового распространения совпадает с южным пределом лесов; в более же южных широтах эти болота встречаются лишь спорадически, и образованию их здесь ставят, видимо, препятствия сухость воздуха и ограниченность атмосферных осадков при высокой испаряемости.

Моховые торфяники, кроме Европейской части СССР, распространены в Финляндии (7,4 млн. га), в Швеции, Северной Германии, Дании, Голландии, Ирландии, Франции, Северной Италии и Австро-Венгрии. Имеются они также в Азии (Сибири) и в Северной Америке (в Канаде и в северной части Соединенных Штатов).

На сфагновом болоте, по В. Н. Сукачеву, можно выделить три ассоциации: 1) сфагнум с карликовой сосной (*Sph. pinosum*), ближайшая к берегу часть болота, где на бугристом сфагновом ковре обильно растет карликовая сосна; 2) сфагнум с пушицей (*Sph. eriophorosum*), район подалеже от берега, где нет сосны и на кочковатом сфагновом ковре господствует пушица (*Eriophorum vaginatum*), и 3) сфагнум с шейхцерией (*Sph. scheuchzeriosum*), там же

<sup>1</sup> По анатомическому строению гипнум легко отличается от сфагнома своими одинакового размера клеточками, всегда окрашенными хлорофильными зернами в зеленый цвет.

как щетка, густые заросли шейхцерии (*Scheuchzeria palustris*) с примесью осоки (*Carex limosa*) и ринхоспоры (*Rhynchospora alba*). Еще дальше в глубь болота встречаются, в еще более пониженных местах, весной и после дождей летом и осенью лужицы и маленькие озера.

В первой ассоциации (т. е. *Sphagnetum pinosum*) на сплошном бугристом сфагновом ковре, помимо карликовой сосны, вышиной 1—1,5 м, растут многолетние растения: пушица (*Eriophorum vaginatum*), образующая простирающиеся среди мха кочки с густыми пучками нитевидных, расходящихся в разные стороны листьев. Нижние части листьев пушицы представляют собой довольно прочные волокна, хорошо сохраняющиеся в торфе в виде рыжеватых пучков. Из этих волокон в Швеции выделывают грубые ткани: полевники, попоны, веревки и т. п. Пушица имеет невзрачные цветы, появляющиеся в конце апреля, и красивые султаны, образующиеся из цветов в мае, белого цвета, длиной до 4,5 см; они представляют собой собрание мелких семян, каждое из которых снабжено хохолком белых волосков.

Над пушицей высятся приуроченные к более возвышающимся буграм кустарники: а) вереск (*Calluna vulgaris*), столь обычный у нас на песчаных почвах; б) багульник (*Ledum palustre*); в) андромеда, или подбел (*Andromeda polifolia*); г) кассандра (*Cassandra calyculata*); д) голубика (*Vaccinium uliginosum*).

Эти 5 кустарников местами образуют на болоте довольно густые заросли; они характерны для сфагновых торфяников повсюду в Европе и Азии.

Кроме них встречаются еще кустарник-ерник, или водяника (*Empetrum nigrum*), и карликовая береза (*Betula pana*), оба эти растения свойственны лишь более северным сфагновым болотам, в особенности же *B. pana*, которая типична и для тундры. В Восточной Сибири у окраин мохового болота и голубике и багульнику примешаны рододендрон и березовый ерник (*Betula fruticosa*), а на самом болоте редкие суховершинные лиственницы (*Larix dahurica*).

Среди вышеназванных кустарников рассеяны: морошка (*Rubus chamaemorus*), затем с ползучими по моховому ковру побегами клюква (*Oxycoccus palustris*) и далее своеобразная насекомоядная росянка (*Drosera rotundifolia*); наконец, по наиболее выдающимся и потому более сухим бугоркам растет брусника (*Vaccinium vitis idaea*), обычно свойственная хвойным лесам.

Постоянно низкая температура торфяника не позволяет корневой системе кустарников развиваться равномерно, почему на южной стороне кустарника наблюдается более густая масса корней, чем на северной.

Характерной чертой флоры торфяников является обилие вечнозеленых растений: вереск, багульник, андромеда (или подбел), кассандра, водяника (ерник), клюква, брусника и карликовая сосна.

Эта растительность, за исключением сосны, нашла себе на моховом болоте подходящие условия влажности и только влажности, а потому и прочно обосновалась сообществом в этой среде с древнейших времен.

Сфагнум, как основа мохового болота, своими свойствами в значительной степени определяет экологию растущих на его ковре растений. Поэтому необходимо поближе познакомиться с его биологией.

Сфагнум образует широкие, пышно разрастающиеся дерновины; если он покрывает ровную поверхность, то около основания деревьев и у пней разрастается в кочки, взбираясь постепенно на пни, камни и тому подобные возвышенные предметы на земле; при этом он совершенно погребает их под собой.

<sup>1</sup> Произрастание на сфагновом болоте насекомоядного растения—росянки интересно с биологической стороны; бедность питательными веществами торфа как бы вынуждает растение пользоваться дополнительным питанием с помощью своих листьев, покрытых железками, выделяющими клейкое вещество (подобное пещину нашего желудка) и растворяющими мягкие части насекомых.

Хотя сфагнум и имеет хлорофилл, но сфагновый ковер, выделяясь своей беловатой окраской, производит впечатление бесхлорофильного.

Сфагнум не имеет корней и снабжен лишь длинными волосовидными рядами всасывательных клеток (ризоид), которые, густо переплетаясь между собой, облекают стебель мха; так как питание мха происходит путем всасывания влаги всей поверхностью его тела, то сильно развитый корневой аппарат ему и не нужен.

Этот мох имеет длинный стебель, на котором сидят то несколько оттопыренные, то свешивающиеся вниз боковые ветви, густо одетые листьями; у верхушки стебля ветви собраны наподобие головки.

Стебель состоит из разного вида клеток; на поперечном разрезе его видно три части: 1) кора, 2) древесный цилиндр, или механический скелет, и 3) сердцевина; при этом сердцевина образована из широких, длинных, слабоутолщенных клеточек, которые окружены «механическим скелетом» из коротких, узких, толстостенных клеток, иногда окрашенных, а также из длинных клеточек-волокон, и, наконец, в наружной части стебля кора состоит из нескольких рядов широких, тонкостенных клеток, обычно бесцветных, пустых, т. е. без протоплазмы, часто снабженных порами и утолщениями, кольчатыми или спиральными.

Листья сфагнума состоят из одного ряда клеток, без всякой нервации и без устьиц и имеют двоякого рода клетки: 1) узкие, живые клетки с хлорофильными зернами, служащие для ассимиляции углерода, и 2) очень крупные мешковидные клетки с воздухом или водой, называемые, как водоносный элемент, трахеидами. Трахеиды представляют собой потерявшие при своем развитии протоплазму сильно разросшиеся бесцветные клетки, весьма тонкие стенки которых имеют открытые отверстия, или поры, и поддерживаются лентообразными утолщениями. Эти утолщения, как обручи, прикрепленные изнутри к стенкам, поддерживают последние от спадения. Стенки трахеид снабжены порами, представляющими собой округлой формы отверстия, с кольцевыми утолщениями, разбросанные рассеянно на стенках между утолщенными полосками.

Живые, хлорофиллоносные клетки узкие, в поперечном разрезе сравнительно очень мелкие и суживающиеся к нижней поверхности листа; они как бы втиснуты и скрыты между бесцветными пустыми трахеидами. На листовой пластинке зеленые клетки в виде узких лент связаны между собой и образуют сеть, широкие петли которой и занимают трахеиды.

Значительнейшим (3- и 4-кратным) преобладанием по объему трахеид в листе и обуславливается бледная окраска сфагнового ковра.

В вышеуказанном строении сфагнума заключается его замечательное приспособление для принятия воды из окружающей атмосферы.

Если сфагнум временно находился в сухой среде, то его трахеиды наполнены только воздухом; при смачивании же листа они моментально наполняются через поры водой, вследствие капиллярности. Трахеиды способны не только поглощать капельножидкую воду, но и сгущать водяной пар из воздуха. При наличии влаги они могут вбирать в себя громадное количество воды: 100 г сухого сфагнума могут поглощать 2000 г воды, т. е. в 20 раз больше своего веса. Всасывая через поры воду с растворенными в ней атмосферными газами и питательными веществами, трахеиды доставляют этот раствор к лежащим между ними живым хлорофиллоносным клеткам, которые, по невыясненным еще причинам, сами по себе не всасывают непосредственно воду и воздух из окружающей среды.

Трахеиды, как крупные, пористые клетки, будучи наполнены воздухом, составляют защиту от чрезмерного высыхания живым, зеленым клеткам, а кроме того, также и защиту для хлорофильных зерен этих клеток.

Поглощая громадную массу воды, сфагнум, с другой стороны, испаряет весьма значительное количество влаги; по опытам Ольтмана, он испаряет влаги в пять раз больше, чем свободная поверхность водоема.

Лишенный воды, верхний слой сфагнового ковра становится беловатым, и этот белесоватый слой предохраняет нижележащие живые части мха от дальнейшего испарения влаги.

Сфагновый мох ежегодно нарастает своей вершиной и постоянно отмирает снизу; отмершие части его переходят в отложения торфа. Живое растение поэтому отделяется от минеральной почвы постепенно утолщающимся слоем торфяных отложений. Из этого мертвого субстрата, до некоторой его глубины, нижними трахеидами отмерших стеблей с листьями всасывается вода для живой части сфагноума.

Размножается сфагнум спорами, и, кроме того, он может размножаться также и вегетативно: боковые веточки его могут дать новые растения.

В состав оболочек трахеид мха входят некоторые вещества из группы фенола (карболовой кислоты), благодаря чему отмерший мох сильно противостоит гниению. Поэтому, а также вследствие образующихся при гниении гуминовых кислот торф обладает антисептическими свойствами.

Сфагнумы, как и образующийся из них торф, очень бедны минеральными веществами. Так, по анализам обычного на болотах *Sphagnum medium*, в 100 частях обезвоженного живого мха содержится:

потеря от прокаливания, включая и $\text{CO}_2$ . . . . .	97,51
остаток » » (без $\text{CO}_2$ ) . . . . .	2,49

В солянокислой вытяжке заключается:

$\text{CaO}$ . . . . .	0,353	$\text{P}_2\text{O}_5$ . . . . .	0,095
$\text{MgO}$ . . . . .	0,158	$\text{N}$ . . . . .	0,944
$\text{K}_2\text{O}$ . . . . .	0,506		

Поэтому сфагновые болота развиваются лишь тогда, когда отсутствует доступ к ним грунтовых вод или когда эти воды очень бедны минеральными веществами.

По исследованиям Пауля, сфагнумы весьма чувствительны к содержанию в растворе углекислого кальция; так, *Sphagnum medium* отмирает уже при наличии 134 мг этой соли в 1 л воды. Точнее сказать, на сфагнумы вредное влияние оказывают лишь щелочные соли кальция так же, как и другие щелочные соединения.

Для жизни сфагноума большую важность имеет его «кислотность»; давно уже известно, что синяя лакмусовая бумажка краснеет, будучи прижата к сфагнуму; то же замечается и в торфяных водах. По опытам Цайлера и Вильна, на 1 г сухого вещества сфагноума необходимо для нейтрализации кислотности взять 2,02 см<sup>3</sup>  $\frac{1}{20}$ -нормального раствора едкого натра ( $\text{NaOH}$ ). По мнению Пауля, сфагнуму, по существу, известь не вредна, но он страдает от щелочных соединений, нейтрализующих его кислотность, которая в его жизни играет важную роль. Если выделяемые мхом кислоты нейтрализованы вполне углекислым кальцием, то мох погибает; если же нейтрализация доведена лишь наполовину, то мох еще живет, хотя и плохо.

На чисто сфагновом (возвышенном) болоте содержание в воде минеральных веществ весьма ничтожно, и здесь единственным источником этих веществ является атмосферная пыль, и вот, по мнению Пауля, в целях скорейшего переведения в растворимое и усвояемое состояние минеральных веществ заключающихся в атмосферной пыли, и служат кислоты, заключающиеся в оболочке клеток сфагноума.

Ввиду ежегодного нарастания сфагноума вверх, в сообществе с ним произрастают только те растения, которые обладают способностью следовать за сфагнумом вверх, не отставая, от него. У травянистых растений эта способность выражена тем, что у них корневище располагается не горизонтально, а наклонно или даже вертикально, причем корневище ежегодно нарастает настолько, чтобы вынести верхушку побега на поверхность сфагнового ковра; так, у росянки (*Drosera rotundifolia*) имеется вертикальное корневище

наклонным корневищем обладают морошка (*R. chamaemorus*), шейхцерия (*Scheuchzeria palustris*) и др.

Кустарники, обитающие на сфагновом болоте, приспособляются к этой особенности сфагнома тем, что их ствол и ветви способны в любом месте, где они покрываются мхом, давать придаточные корни, которые и функционируют, взамен более старых, погребенных сфагнумом и его торфом; багульник, кассандра, андромеда и вереск обладают этой способностью в большой степени. Из хвойных деревьев придаточные корни образуют лиственница и кедр, встречающиеся на моховых болотах в Сибири.

Сосна же, как не обладающая этой способностью, обречена на жалкое прозябание, по мере задушения ее корней нарастающим сфагнумом. Не образуя на болоте стержневого корня, сосна развивается здесь корневой аппарат в горизонтальной плоскости близ дневной поверхности торфяного слоя, как бы боясь проникать глубже в холодную массу торфа, лишенную кислорода. Хотя порода и нетребовательная к минеральным веществам, сосна на моховом болоте имеет крайне угнетенный рост вследствие того, что, по мере нарастания вверх сфагнома, корневая система ее погружается все глубже и глубже, т. е. начинает все более и более страдать от недостатка кислорода для дыхания, и, не дожив обычно 90—100 лет, сосна погибает от задушения корней нарастающим сфагнумом, терпя еще при жизни на своих ветвях густой покров *Usnea barbata* и других лишайников. Еще при жизни у сосны отмирают верхушка и концы боковых ветвей; хвоя образуется очень короткая—2—2,5 см длиной, вместо нормальных 5,5—6 см; плодоношение ее очень редкое, причем шишки бывают весьма короткие—2,5—3 см, взамен обычных 6—7 см. В центральной части торфяника, где идет более энергичное нарастание сфагнома, древостой сосны становится редким, приземистым и сосна даже совсем утрачивает вид деревца, превращаясь в кустарник, почти целиком погруженный в моховой ковер.

По южному склону торфяника, благодаря большей его аэрации и лучшему прогреванию солнцем, встречается *Betula pubescens*.

По измерениям на *Sphagnum media* найдена следующая величина прироста вверх этого мха в год (см):

в бывшей Курской губернии . . . . .	4—4,5
» » Самарской . . . . .	3—3,5
» » Ленинградской, Новгородской и Псковской . . . . .	2—2,5

Следовательно, чем южнее, тем прирост сфагнома больше. Это явление объясняется, видимо, увеличением средней температуры вегетационного периода и удлинением самого периода вегетации, так как потребность сфагнома в воде всегда удовлетворена в болоте, где бы оно ни было, а также и влажность воздуха над болотом, пока оно существует, весьма значительна.

Особенность роста сфагнового торфяника составляет его выпуклость. Уже издали торфяник кажется холмом, возвышающимся заметно над окружающей равниной. У краев торфяника ясно обнаруживается выпуклый подъем, лишь выше переходящий в ровную поверхность центральной части болота. Эта выпуклость торфяника обуславливается тем, что центральная его часть всегда старше периферии, вследствие постоянного разрастания сфагнового болота в горизонтальном направлении, т. е. в ширину, а также потому, что в центральной части, благодаря поступлению на нее всех атмосферных осадков, сфагнум растет в высоту энергичнее, чем у периферии торфяника, где влаги меньше из-за стекания воды с болота, большего испарения, повышенной аэрации и т. д. Что это так, показывает увлажненность обочины около моховика, с которого вода стекает на соседние суходольные места; кроме того, выпуклый торфяник также более или менее окружен всегда по окраинам обильно появляющейся пушицей.

Чем старше и обширнее сфагновый торфяник, тем резче у него выражена выпуклость и тем круче его бока. Сверх того, размер выпуклости торфяника

стоит в связи с общим годовым количеством осадков и средней годовой температурой воздуха. Там, где осадков больше и где средняя годовая температура выше, как, например, в Западной Европе, в Швеции и т. д., там замечается более усиленный рост торфяников и там они более выпуклы. В Европейской части СССР прибалтийские моховики (ленинградские, новгородские и др.) более выпуклы, чем владимирские.

При одинаковой давности их образования (в постплиоценовый период) это и понятно: по мере движения на восток осадков выпадает меньше, сухость воздуха увеличивается и т. д., словом, климат становится более континентальным.

В Западной Европе размер выпуклости сфагновых торфяников достигает: 6,1 м по Г р и з е б а х у, 7,6 м по Зентнеру (для Южной Баварии), 9,1 м по Дау и 11,3 м по Де-Люку.

Вся растительность на сфагновом болоте носит облик и строение, свойственные сухим местам, т. е. она, как говорят, ксерофильна или ксероморфна. Растительность здесь принимает целый ряд приспособлений к уменьшению транспирации; прежде всего одни растения образуют густые плотные дернины (пушица, сфагнум, осоки и ситники); другие, ползая по торфу, защищают себя от ветра и высыхания (голубика, *Salix repens*, *Betula папа*); третьи, большинство представителей, имеют цилиндрические или мелкие, свернутые трубочкой листья с устьицами на внутренней стороне (пушица, болотный вереск, андромеда, багульник, а из мхов кукушкин лен) или с устьицами, погруженными в ткань листа (осока, *Carex limosa*), или имеют плотные кожистые листья (морозка, брусника, кассандра, багульник, *Betula папа*, *Salix repens*); у многих растений образуется сильное опушение листьев волосками—снизу (багульник), снизу и сверху (*Salix lapponum* и *Betula pubescens*), восковой налет с нижней стороны листьев (клюква и андромеда) или покров светлых чешуек (кассандра); к защитным приспособлениям относится и выделение эфирных масел некоторыми представителями (багульник), наконец, многие части растений окрашиваются антоцианом в красный цвет (листья роснянки, влагалища осок), что имеет здесь такое же значение, как и у многих наших весенних, альпийских или арктических растений: уменьшается интенсивность света и хлорофилл клеток поэтому не разрушается.

Этот ксероморфизм, напоминающий ксероморфизм растений сухих песков, скал и пустынь, где растения всегда обладают целым рядом подобных же приспособлений, стоит на первый взгляд в явном противоречии с обилием воды в болоте. Для объяснения этого парадоксального явления предложено несколько гипотез. Из них наиболее вероятна та, которая видит объяснения в температурных условиях того слоя торфа, где развиты корни растений.

Торф и живой сфагнум—очень дурные проводники тепла. Вследствие крайне дурной теплопроводности, в сфагновых болотах северной части СССР и Восточной Сибири на незначительной глубине—25—30 см залегают вечная мерзлота, которая наблюдается островками и в более южных широтах, конечно, уже на большей глубине; так, она найдена В а р г а с-д е-Б е д е м а р о м даже в б. Петербургской губернии, в окрестностях Гатчины, на глубине 61—122 см в конце мая и на глубине 2,13—3,05 м в июле и августе<sup>1</sup>. Поэтому же и вне района мерзлоты в жаркий летний день, когда температура воздуха доходит до 30° и более, когда поверхность сфагнового ковра на ощупь даже очень теплая, на глубине 10 см от поверхности температура бывает лишь 12—14°. Так как скорость всасывания влаги корнями растений и подачи ее к листьям зависит от температуры среды, окружающей корни, то корни не в состоянии подавать столько воды к листьям, сколько им нужно для транспирации. Хотя в субстрате воды и много, но растения здесь также ксеро-

<sup>1</sup> См. В а р г а с-д е-Б е д е м а р. Исследования запаса и прироста лесонасаждений С.-Петербургской губ., СПб, 1850, стр. 23.

морфны, как и на сухих местах, где они страдают от физической сухости, а на сфагновом болоте от физиологической; если бы болотные растения так или иначе не уменьшили силы транспирации, то они могли бы погибнуть от недостатка влаги в их внутренних тканях.

Отмершие части болотных растений, как выше упомянуто, служат материалом для образования торфа, представляющего собой более или менее плотную коллоидальную массу с некоторыми растительными остатками, почти черного или бурого цвета, темнеющую на воздухе от окисления.

Торф образуется под водой, то есть без доступа воздуха, из отмерших болотных растений, при участии жизнедеятельности микроорганизмов в умеренном климате при благоприятной средней температуре (6—8°, по Meunier).

При торфообразовании, с одной стороны, идет процесс окисления, причем Н переходит в воду, а С—в углекислоту за счет кислорода растений; белковые же и азотистые вещества распадаются на аммиак ( $\text{NH}_3$ ), который переходит в азотистую ( $\text{HNO}_2$ ) и азотную ( $\text{HNO}_3$ ) кислоты, а S—в соли серной кислоты. С другой же стороны, происходит гниение, т. е. восстановительный процесс, вследствие чего водород соединяется с углеродом, образуя метан ( $\text{CH}_4$ ), всегда находимый в торфяных болотах (откуда и его название «болотный газ»); вместе с тем идет образование жирных кислот—муравьиной, масляной, пропионовой и др.; затем азотистые вещества превращаются в сложные соединения—лейцин, индол, скатол, амиды и амидокислоты; сера же превращается в сероводород. В конечном результате обоих этих процессов получается остаток—торф, богатый гуминовыми кислотами, с большим процентным содержанием углерода и золы, чем в клетчатке, но имеющий менее водорода и кислорода, чем растения. Сфагновый торф, по Хаусдингу, содержит в среднем: С—60%, Н—6% и О+N+S—34%; золы в нем около 1—2%. Свежедобытый торф содержит 80—90% воды; значительная часть ее, в количестве 50—60%, на воздухе испаряется быстро; но дальнейшее высушивание идет крайне медленно, так как торф, как коллоидальное тело, трудно отдает влагу. В воздушно-сухом состоянии торф содержит в себе воды 12—20%.

При формировании молодого сфагнового болота начало его развитию чаще всего кладет ассоциация сфагнум с шейхцерией (*Sphagnetum scheuchzeriosum*). Эта ассоциация развивается на месте осокового болота после того, как возрастание мощности торфа и его обеднение минеральными солями, с одной стороны, и связанное с этим усиленное развитие сфагнума, с другой,—приводят к исчезновению осоки и ее спутников на травяном болоте, где, ввиду неустойчивости и жидкости субстрата, древесная растительность всегда отсутствует.

Затем на молодом сфагновом болоте, благодаря жизнедеятельности сфагнума, происходит под живым его ковром накопление торфа и дальнейшее поднятие поверхности болота; с течением времени несколько улучшаются условия естественного дренажа болота. Благодаря этому на болоте поселяются новые элементы, вызывающие, в конце концов, полную смену этой ассоциации новой, сфагнум с пушицей (*Sphagnetum eriophorosum*).

Эта ассоциация уже отличается гораздо более устойчивым и крепким моховым ковром, лежащим на уплотненном, уже во всей толще вполне спрессованном торфе.

Дальнейшее накопление торфа ведет к еще большему повышению сфагнового ковра, и вскоре создаются условия, благоприятные для произрастания сосны, которая, при возможности заноса на болото сосновых семян, и заселяется. Таким образом, в процессе развития болота образуется новая ассоциация сфагнового ковра с карликовой сосной, то есть *Sphagnetum pinosum*. Поэтому на большом старом, вполне сложившемся сфагновом болоте мы и видим все эти три ассоциации по мере движения от центра болота (т. е. более старой его части) к его периферии (т. е. более молодой части болота).



Когда же болото невелико и его выпуклость значительна, так что центральной его части нет места для застаивания воды, то, в конечном результате, все болото представляет собой *Sphagnetum pinosum*, без всякой его дифференциации.

На значительном болоте всегда бывает дифференцировка его поверхности, так как уплотнение торфа не идет всюду строго равномерно, чему особенно содействуют пни и корневые аппараты растущих сосен, а центральная часть болота представляется плоской, лишенной поверхностного стока воды; образовавшиеся случайно местные понижения с застоем атмосферной воды превращаются с течением времени в западины или мочажины, вокруг которых моховой ковер продолжает нарастать с прежней энергией. В этих понижениях появляются виды сфагнома, предпочитающие очень мокрый субстрат, как, например, *Sph. cimbifolium*; кроме того, в слабых понижениях разрастаются заросли пушицы, в более глубоких западинах — заросли шейхцерии, а в глубоких западинах появляется грунтовая вода болота, т. е. открытая водная поверхность. Таким образом, эти мелкие озера на болоте представляют собой не остатки от прежнего водоема, а, напротив, новообразование на поверхности мохового болота; в одних случаях такие озера расширяются, размывая свои берега при волнениях от действия ветра; в других же случаях (когда они малы и нет доступа ветра) снова затягиваются мхом, проходя последовательно две стадии: 1) ассоциация сфагнома с шейхцерией (*Sphagnetum scheuchzeriosum*) и 2) ассоциация сфагнома с пушицей (*Sphagnetum eriophorosum*).

В наших условиях количество выпадающей на болото атмосферной воды значительно больше того, что болото в состоянии транспирировать в воздух. Излишек этой воды должен быть удален с болота путем естественного дренажа. Пока болото не особенно велико, то, ввиду выпуклой поверхности сфагнового болота, естественный дренаж еще довольно облегчен. Когда же болото занимает значительную площадь, то, ввиду происходящего заболачивания водостоков и все большего и большего отступления периферии болота от центральной его части, условия естественного дренажа становятся все хуже и хуже, и на таких болотах происходит прогрессивное увеличение общего водного запаса и образование озерков в центральной части болота.

Надвигание сфагнового болота на соседние суходолы, занятые обычно лесом, идет так. Излишек воды, стекающей с болота, вызывает осырение почвы около болота. При этом образуются заросли осоки чистой или с примесью тростника (*Phragmites communis*), затем осоковая болотина сменяется гипновым болотом, а на это последнее, наконец, надвигается сфагновый ковер и образуется сфагновое болото, т. е. происходит увеличение наличного сфагнового болота. Так постепенно и разрастается вширь сфагновое болото.

Что касается быстроты нарастания сфагнового торфа, то в Лайбахском болоте в Австрии на глубине 1,2 м в торфе была найдена римская монета 41 года н. э.; следовательно, за 1800 с лишним лет торфяник вырос на 1,2 м, то есть в один год в среднем на 0,7 мм. По Танфильеву, в б. Петербургской губернии торфяники нарастают со скоростью 0,3048 м в столетие, то есть 3,05 мм в год; но Лескере допускает образование торфа в количестве даже 0,6096 м в столетие, то есть 6,1 мм в год.

В ряду свойств торфа нельзя не отметить, что торф обладает замечательным консервирующим свойством: в нем прекрасно сохраняются не только части растений — плоды, семена, листья, пыльца и древесина, но и животные остатки; пролежав в нем многие сотни лет, они настолько мало изменяются, что часто дают возможность определить их принадлежность к определенному виду. В древнейших залежах дилювиального торфа, имеющих возраст в несколько тысячелетий, нередко, по К. Веберу, можно узнать все составные части обратившейся в торф ткани даже более нежных частей растений («Почвоведение», 1908, № 4, статья К. Вебера). Вместе с тем и для археологии

и истории культуры хранятся в торфяниках часто богатейшие материалы. Наши сфагновые торфяники ждут еще своего изучения.

На Шуваловском сфагновом торфянике под Ленинградом (близ ст. Парголово Финляндской ж. д.) на разрезе карьера видно следующее строение торфяника от верха до минерального грунта. Под пластом молодого торфа, мощностью 1,3—1,5 м, залегает особый прослойк, толщиной 0,2—0,3 м, так называемый «пограничный горизонт», резко отграниченный от верхнего и постепенно переходящий в нижележащий пласт торфа; в этом прослойке с порядочными остатками пушицы нередко мощные сосновые пни и стволы сосен, диаметром до 35 см, причем корневая шейка пней как раз соответствует пограничному горизонту, а корни уходят в нижележащий пласт торфа, имея стержневой корень и толстые боковые корни. Под пограничным горизонтом лежит пласт старого сфагнового торфа, мощностью 0,7 м, темно-коричневого или черного цвета, без ясно различимых остатков растений, кроме пушицы.

Ниже залегает гипсовый торф в 0,4—0,5 м, подстилаемый тростниковым торфом в 0,15—0,2 м, с остатками тростника (*Phragmites communis*), который лежит на осоково-гипсовом торфе в 0,10—0,12 м, с веточками ольхи и березы, покоящемся на нетолстом слое песка, под которым залегает глина.

По этим данным разреза прошлое сфагнового торфяника представляется в следующих чертах. На суходоле над водонепроницаемым глинистым грунтом образовалось сперва осоковое болото с примесью гипсума среди берез и ольх. Позднее оно сменилось тростниковыми зарослями, перешедшими с течением времени в гипсовое болото.

Когда образовалась уже значительная толща торфа и таким образом возможность подачи снизу питательных растворов прекратилась, поселился сфагнум, как менее требовательный среди других мхов и высших растений, который, не встречая конкурентов, давал ежегодно все новые отложения торфа.

Но затем в жизни болота настала перемена. Наступил вековой сухой период, в течение которого живой сфагновый ковер был уничтожен, болото обсохло, осело и проросло хорошим сосновым лесом и появилась обильно пушица; к этому времени и относится образование в торфянике «пограничного горизонта». С наступлением затем более влажного периода, продолжающегося и доныне, сфагнум опять ожил, болото снова покрылось сфагнутом, и началось отложение нового слоя сфагнового торфа; рост же сосны ухудшился. Сравнительно большая мощность молодого торфа, как недавно образовавшегося, стоит в связи с меньшей его спрессованностью: вообще 4—5 см ежегодного прироста болота, вследствие тяжести последующих отложений, сжимаясь, превращается в слой всего лишь 0,5—1 см и даже еще значительно тоньше.


Вэбер и все другие ученые время образования пограничного горизонта в сфагновых торфяниках относят уже к послеледниковому времени.

Появление более сухого и теплого периода могло быть вызвано превращением замкнутого Анцилового озера в Литториновое море, когда установилась связь с Немецким морем, и через образовавшийся пролив проникли теплые воды Гольфштрима. Когда же, вследствие нового поднятия суши, прекратился доступ Гольфштрима в Литториновое море, климат опять сделался холоднее.

Более вероятно, согласно показаниям шведских исследователей, что этот перебой в образовании торфяника надо приурочить к концу литторинового века.



## ХV. ЗАБОЛАЧИВАНИЕ ЛЕСОВ

 обширной литературе о болотах и торфяниках имеется довольно мало работ, описывающих не только оторфование озер, но и заболачивание суходолов и образование торфяников на более или менее сухих минеральных субстратах. Исключение представляет в этом отношении капитальный труд П. Гребнера (P. Graebner) «Handbuch der Heidekultur», Leipzig, 1904 г., подробный реферат какового труда помещен М. Гурвичем в «Лесном журнале» за 1906 г., № 4 и 5.

В этом труде весьма серьезное внимание уделено возникновению торфяников прямо на голом песке или в лесах на минеральной почве.

На влажной или временно заливаемой песчаной почве, бедной питательными веществами, в особенности в дождливую погоду, по Гребнеру, появляются преимущественно сине-зеленые водоросли, пронизывающие песок до глубины около 3 мм и часто склеивающие песчинки поверхности в сплошную массу, которая становится плотной и крепкой после высыхания; при наступлении сухой погоды они исчезают. Чаще всего Гребнер наблюдал водоросли *Oscillaria tenerrina*, *Phormidium vulgare*, *Gloeocapsa livida*, а также особенно на мокрых местах *Lynglya lateritia*.

На сцементированном этими водорослями песке поселяются затем *Polytrichum juniperinum*, образующий местами целые дернины, под сенью которых названные водоросли продолжают свое существование и в сухую погоду. Одновременно с *Polytrichum* сильно разрастается также *Ceratodon purpureus*: под защитой этих растений находят себе место мхи *Racomitrium canescens*, *Dicranum scorarium*, *Thuidium abietinum* и другие, имеющие огромное значение для образования гумуса и для окончательного укрепления песчаной почвы. Вместе с мхами поселяются также злаки (*Agrostis canina* и *Molinia coerulea*), осоки *Carex Oederi* и *C. dioica*, ситники (*Juncus spuarrosus*, *J. capitatus* и др.), а также росянка (*Drosera rotundifolia*), вереск (*Erica tetralis*), клюква (*Vaccinium oxucoccos*) и другие.

Вслед затем, в зависимости от степени влажности, появляются и отдельные подушки мха *Sphagnum*, которые разрастаются периферически и потом сливаются с соседними подушками, образуя на поверхности сплошной покров. Большинство ранее появившихся растений продолжают расти и на моховике, скоро заселяющемся и другими характерными для сфагновых болот растениями, особенно щитником (*Aspidium cristatum*), пушицей (*Eriophorum vaginatum*), камышом (*Scirpus caespitosus*), багульником (*Ledum palustre*), голубикой (*Vaccinium uliginosum*), подбелом (*Andromeda polifolia*), фиалкой

(*Viola palustris*), ивой ползучей (*Salix rosmarinifolia*), миртой болотной (*Myrica gale*) и другими.

Таким путем зародившийся торфяник имеет, первоначально конечно, очень малую мощность, но постепенно он нарастает в высоту, так что песок может, в конце концов, одеться значительной толщей торфа.

В связи с вышеупомянутыми сине-зелеными водорослями, сцементирующими песок, может иметь значение и тот факт, указанный в 1887 г. Шпренгелем (Sprengel), что образующиеся, при затрудненном доступе воздуха, перегнойные кислоты, осаждаясь из водных растворов под влиянием морозов, снова в воде уже не растворяются, а остаются в твердом состоянии<sup>1</sup>, причем они могут закупоривать поры песка, делая его водонепроницаемым.

Сфагновые, или боровые, торфяники образуются также и на луговых болотах, сложенных из луговой растительности (главным образом из разных видов злаковых и осок), в случае обеднения болотной воды питательными веществами, что бывает редко; преимущественно же это образование происходит следующим путем.

Торф лугового болота обладает, сравнительно с моховым, незначительной водонепроницаемостью; поэтому луговая растительность на нем, по достижении болотом определенной мощности, пропадает, как только она не в состоянии достигать своими корнями подпочвы. Наступает тогда время для перехода лугового болота в сфагновое.

Сфагнум появляется и постепенно разрастается. С образованием слоя мохового торфа возрастает также водоудерживающая способность болота, чему отчасти способствует и ограниченная водопроницаемость нижележащего лугового торфа. При отсутствии притока воды со стороны главным условием существования такого болота является превышение годовых осадков над расходом воды, идущим на испарение и на просачивание в почву; этой зависимостью болота от осадков достаточно объясняется, почему мохвые болота так сильно распространены в Северо-Западной Германии при годовых осадках в 700—800 мм, и почти отсутствуют в Юго-Восточной Германии, где осадков лишь 500—550 мм.

В тех случаях, когда на отмирающем луговом болоте, до начала заселения его сфагнумом, появился лес, возникновение мохового болота идет значительно быстрее. Благодаря защите, создаваемой деревьями для сфагнума от периодического высыхания, сфагнум разрастается необыкновенно пышно. Первоначально ютятся преимущественно у основания деревьев, он обволакивает почву под самыми деревьями; вследствие преграждения доступа воздуха к корням и уменьшения подачи воды последними из почвы к древесным кронам лес начинает болеть и, наконец, погибает. Лишившись же защиты от солнца, сфагнум поражается солнечным нагревом и становится коротким и плотным. В плотном мху снова появляются, как породы, малотребовательные к питательным веществам субстрата; но как только древесная растительность создаст достаточную защиту от солнечного нагрева и суховея, сфагнум опять начинает интенсивно расти во вред деревьям, вызывая их отмирание. Эта длительная борьба между лесом и сфагнумом вызывает часто очень характерные наслоения в болоте.

В разрезе сфагнового торфяника, образовавшегося из лугового болота, нижний слой торфяника состоит из лугового торфа, лишенного древесных остатков, а верхний—из сфагнового торфа, причем на границе обоих слоев часто неходится слой древесных остатков, преимущественно березы, свидетельствующий, что луговой торфяник был одет лесной растительностью, а в сфагновом торфе бывает еще один (иногда 2) слой древесных остатков, преимущественно сосны (древесины, шишек и хвои).

<sup>1</sup> Осаждение морозом органических соединений из раствора позднее подкреплено было опытами А. Вигманна.

Сфагнум поглощает воду не только из выпадающих осадков, но и из атмосферы, а также увлажняется и туманами; за счет этой воды он также разрастается.

Разрастаясь по периферии, торф своей губчатой массой обволакивает валуны, небольшие холмики и пни деревьев. Проникая далее в соседний лес, торфяник заболачивает все большее число деревьев, которые, вследствие недостатка воздуха для дыхания корней и ограниченного всасывания корневыми мочками почвенной влаги из-за присутствия в ней перегнойных кислот, перестают расти, загнивают в корнях и сваливаются. Таким образом мох погребает леса, притом отнюдь не в виде исключения, а как правило.

Заболачивание соседнего суходольного леса совершается особенно быстро в тех случаях, когда от краев сфагнового моховика идет уклон вниз, по которому движется высачивающаяся из краев моховика вода; тогда по уклону происходит энергичное разрастание торфяника, причем торф обволакивает основания деревьев, и лес погибает.

Некоторое время на молодом торфянике еще стоят безжизненные, лишённые коры, деревья, но они скоро сваливаются ветром и затягиваются мохотонным покровом мохового болота.

Моховые торфяники всегда имеют выпуклость, так как центральная часть старше периферии, а также потому, что в этой части, благодаря обилию дождевой воды, сфагнум растет в высоту энергичнее, чем у краев торфяника, где влаги меньше из-за стекания воды, испарения и прочее. Размер выпуклости торфяников достигает: 6,1 м—по Гризебаху, 11,3 м—по Де-Люку, 7,6 м—по Зентеру и 9,1 м—по Дау. Чем старше и мощнее моховой торфяник, тем резче у него выражена выпуклость и тем круче его бока.

В 1831 г. E. C. W. Bühler посвятил очень важную работу специально вопросу о заболачивании лесов<sup>1</sup>. После вырубki леса и после ветровалов, на почве легко разрастаются вереск и черника, а на мокрых почвах также клюква и бобовник (*Spartium scorarium*); часто появляется и кукушкин лен (*Polytrichum*). Растения эти сильно разрастаются и в высоту, создавая до того толстый войлок, что ходить по нему уже очень трудно. В этом растительном войлоке легко застаивается вода. Подобные заболоченные места называются в Шварцвальде «Miss» или «Moos». Деревья от такого заболачивания сильно страдают и, наконец, погибают, обволакиваясь торфом. В таком торфе могут образоваться даже озера в торфяных берегах, питаемые не какими-либо источниками, а исключительно атмосферной водой, причем уровень подобных озер заметно выше краев торфяника.

Теперь Шварцвальд одет хвойным лесом, но в торфяниках попадают пни и другие остатки крупных дубов. Бюлер говорит, что, по старинным актам, еще в начале XVI в. дуб часто встречался в Шварцвальде. По его словам, дуб погиб здесь от нерационального ведения хозяйства, отчасти и от действия бурь, опрокидывающих целые насаждения. Наблюдения Бюлера над заболачиванием лесов заслуживают полного внимания, так как правильность их подтверждается наблюдениями и в других местностях.

По вопросу об образовании торфа в лесах датский лесовод П. Мюллер (P. Müller) в своем исследовании «*Studien über die natürlichen Humusformen und deren Einwirkung auf Vegetation und Boden*». Kopenhagen, 1887 г., сообщает, что почва хороших буковых лесов Дании темная, рыхлая, обязанная своей рыхлостью населяющим ее дождевым червям, которые не только разрыхляют почву своими ходами и перемешивают ее, но и, питаясь растительными остатками, отлагают их затем на поверхности в виде своих зернистых экскрементов. После вырубki леса на такой почве, обнаженная поверхность начинает высыхать, дождевые черви исчезают, почва уплотняется и превращается в торфянистую массу, на поверхности которой образуются

<sup>1</sup> Die Versumpfung der Wälder mit und ohne Torfmoorbildung und die Mittel zur Wiederbestockung, derselben, mit besonderer Hinsicht auf den Schwarzwald. Tübingen, 1831.

даже лужи воды. С течением времени под торфом начинает появляться слой подзола, а под ним возникает и ортштейн. Лес на такой почве растет гораздо хуже, чем на почвах рыхлых, и травянистая растительность здесь совсем иная.

На хорошей почве обычный травяной покров состоит из *Asperula odorata*, *Mercurialis perennis*, *Milium effusum*, *Melica uniflora*, *Stellaria nemorum* и других. Напротив, в лесу на торфянистой почве характерны *Aira flexuosa* и *Trientalis eugroea*, а также мхи *Hypnum triquetrum*, *Polytrichum*, *Dieranium*; часто появляются черника (*Vaccinium myntillus*), майник (*Majanthemum bifolium*) и другие.

После вырубki букового леса, на торфянистой почве начинает быстро разрастаться *Aira flexuosa*, под влиянием которой, по одному наблюдению автора, почва уже через 10 лет после вырубki бука превратилась в жирную, иловатую грязь; благодаря разрушительным западным ветрам буковые леса на плотной, торфянистой почве начинают болеть, наконец, погибают и уступают свое место верещатнику (*Calluna vulgaris*), заросли которого во многих мест х Дании занимают место букового леса.

Е. Раманн (E. Ramann), давший в 1885 г. описание процессов образования ортштейна или рудяка, в 1895 г. указал на влияние ортштейна на заболачивание и гибель лесов<sup>1</sup>.

Очень важные сведения о заболоченных лесах Северной Швеции сообщает А. Нилсон в 1897 г. Главными деятелями заболачивания лесов являются мхи *Sphagnum* и *Polytrichum*.

По наблюдениям автора, значительная часть болот провинции Norrboten, где на долю болот приходится более 50% всей площади, произошла вследствие заболачивания лесов. Разрастающиеся болотные растения могут запрудить сток водам, выпадающим на поверхность или образующим озеро, так что вода разливается и вызывает ускоренное заболачивание.

Интересные наблюдения по вопросу о заболачивании лесов в Швеции опубликовал в 1907 г. Гессельман (H. Hesselmann). Он приводит наблюдения, указывающие на возможность появления в лесу, без какого-либо изменения климатических условий, луж стоячей воды, в которых еще стоят деревья, но уже отмершие. Он дает и снимки двух таких луж, глубиной 0,5 и 0,6 м, с которых уже и начался процесс заболачивания леса. Одна из этих луж своим возникновением обязана, вероятно, появлению ключа; для другой лужи присутствие ключа констатировать не удалось. По всей вероятности, здесь играет роль какое-то чисто местное изменение уровня грунтовой воды в ледниковых отложениях, не вызванное влиянием человека.

Моховой торфяник появляется лишь при отсутствии извести в субстрате; в противном случае, т. е. при наличии жесткой воды, содержащей углекислую известь, образуется луговое болото. Поэтому при заболачивании озера сперва дно его заполняется минеральными осадками, обыкновенно глинистыми, с примесью остатков плававших в воде или покрывавших дно озера растений, а также трупов фауны, питавшейся этими растениями.

Затем образуются ракушечные, известковые или мергелистые осадки. Мергелистый торф есть первый член озерных отложений, встречающийся на дне озера в самых глубоких его местах.

По мере истощения запаса извести в воде или прекращения притока воды, содержащей глину или мелкий песок, начинают преобладать органические осадки. Эти иловатые осадки называются в Германии Mudde, а в Швеции—гиттия (*gyttja*). Гиттия есть плотная масса желатинообразной консистенции, в изломе несколько маслянистая, обыкновенно оливково-зеленого

<sup>1</sup> «Wald und Moor in den russischen Ostseeprovinzen». Zeitschrift f. Forst-und Jagdwesen, XVII, 1885. См. также его: «Über Bildung Kultur des Ortsteins». XVIII, 1895, S. 14. В своем учебнике почвоведения (Bodenkunde, 2 Auf., 1905) проф. Раманн вкратце говорит о заболачивании лесов при участии *Sphagnum*'а.

цвета, иногда с красноватым оттенком или почти светло-серая. Теперь ей придается общее название «сапропелей», и характеризуется она тем, что откладывается в озерах и состоит преимущественно из остатков планктонных организмов. Констатирование гиттия, или сапропеля, в болоте свидетельствует, что она образовалась из озера путем его зарастания и заболачивания<sup>1</sup>.

Когда дно озера вышеупомянутыми двумя осадками приподнято, то поселяется в нем полуводная растительность, состоящая из разных тростников (*Phragmites*), камышей, осок и других коренящихся в дне растений не имеющих плавающих листьев. Эти растения образуют тельматический, или болотный, торф, осоковый и тростниковый. Тростниковый торф, как и осоковый, представляет собой буровато-желтую волокнистую массу, но заключает во множестве крупные остатки стеблей, листьев и корневого тростника. Этот торф лежит на слое гиттии или сапропеля.

После заполнения озерной котловины названным торфом появляется полусухопутная растительность, обыкновенно из черной ольхи, образующей ольховый торф, представляющий собой почти черную плотную массу с характерным сильным запахом и многочисленными остатками ольхи; разрушившаяся же ольховая древесина в торфе делается мягкой и принимает коричневато-красный оттенок.

Ольха требует еще богатой питательными веществами воды.

Но когда ольхового торфа отложится настолько, что капиллярные силы уже перестанут доставлять потребную ольхе воду снизу и поверхность начнет увлажняться только атмосферными осадками, то развитие болота вступает в новый фазис: появляется сфагнум со своими спутниками, и начинается образование сфагнового торфяника.

Нередко бывает, однако, еще переходный этап: израсходовав запас питательных веществ, вымирающий ольшник сменяется березником, так как береза—порода, менее требовательная к питательным веществам, а в покрове получают преобладание разные виды мха *Hypnum*, который образует свой особый торф, представляющий собой мелко сложенную массу, отличающуюся в изломе блеском; в этом торфе древесных остатков очень мало, чаще попадает береза.

После же мха *Hypnum*'а, с прекращением подачи воды снизу, получает господство сфагнум со своими спутниками, который довольно быстро заполняет все озеро, по нарастании сфагноума до определенной степени появляются спутники его: *Eriophorum vaginatum*, *Drosera rotundifolia* или *Dr. Anglica*, *Scheuchzeria palustris*, *Carex pulicaris* и *C. limosa*, которые увеличивают отложение растительных остатков и вместе с сфагнумом способствуют постепенному накоплению торфа. На кочках, образовавшихся преимущественно благодаря пушице (*Eriophorum*), заселяются во множестве *Erica tetralix*, *Myrica* и *Andromeda polifolia*, *Aspidium thelypteris*, *Agrostis canina*, *Molinia coerulea*, *Carex dioica*, *C. limosa*, *Narthecium ossifragum*, *Empetrum nigrum*, *Viola palustris*, *Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum*, *Vacc. oxycoccos* и другие.

Так совершается образование и нарастание сфагнового торфяника с болотной сосной, которая, по окончании своей жизни, оставляет в торфе свои остатки (стволы, шишки и хвою).

Сфагновый торф волокнистый, в изломе блеска не имеет.

Образовавшийся таким путем из озера торфяник представляет в разрезе несколько этажей торфа с древесными остатками: верхний ярус—сфагновый

<sup>1</sup> Недавно директор опытного завода Института прикладной химии Климов сделал открытие в области получения цианстых соединений, в частности желтоцианкалия, и разработал способ, позволяющий впервые получить ценный желтый синькалий непосредственно из сырого сапропеля. Желтый синькалий употребляется на металлургических заводах для закалки стали, и до сих пор он доставлялся из-за границы. По способу Климова, желтый синькалий будет стоить вдвое дешевле, чем до сих пор («Известия», 6/IV 1924 г. № 80). Сапропелем же СССР безгранично богат.

торф<sup>1</sup> с остатками сосны (древесина, хвоя, шишки), под ним подстиляется гипсовый торф с остатками березы, третий ярус—ольховый торф с остатками ольхи, далее луговой (осоковый и тростниковый) торф без древесных остатков, лежащий под слоем гиттии, или сапропели.

Образование мохового болота в природе происходит тремя путями:

- 1) на водном бассейне (озеро, пруд),
- 2) на безлесной почве и
- 3) на лесной почве.

Первый путь рассмотрен выше—заболачивание озера.

Второй расчленяется Гребнером на 2 вида: а) на влажной голой песчаной почве (дюна приморская или приречная) и б) на луговом болоте.

Третий путь заболачивания (на лесной почве) может обуславливаться под влиянием следующих причин:

- 1) выходы ключей на дневную поверхность;
- 2) образование в песчаной почве, обыкновенно на глубине около 0,31 м, прослойка рудяка или ортштейна, непроницаемого для воды;
- 3) на лесных пожарищах и вырубках и
- 4) вследствие разрастания по периферии имеющегося сфагнового торфяника.

Второй путь возникновения торфяника также рассмотрен выше: а) сценирование голой песчаной почвы сине-зелеными водорослями и б) образование сфагнового торфяника из лугового болота.

Что касается ортштейна, то он образуется на песчаной почве, занятой лиственными лесами (буковыми и дубовыми) или же сосновыми.

На сплошных вырубках выщелачивание оголенной почвы идет чрезвычайно энергично, так как вода, задерживавшаяся ранее пологом насаждения, теперь просачивается через почву. Затем в лиственном лесу, благодаря густому затенению почвы, происходит большое накопление гумусового слоя. При влажном климате этот слой богат гумусовыми кислотами, которые вместе с дождевой водой поступают в минеральную почву, выщелачивая верхние горизонты почвы. В лиственном лесу выщелачивание происходит быстро, и таким образом доставляется богатый материал для образования мощной ортштейновой прослойки.

При обильных осадках выщелачивание верхнего горизонта почвы совершается интенсивно, обуславливая образование чрезвычайно бедного питательными веществами светло-серого подзола толщиной до 20—30 см. По достижении оподзоленного горизонтом глубины, на которую, по словам Гребнера, не распространяется действие мороза, отлагается очень часто красно-бурый ортштейн, который по мере своего роста все уплотняется.

В сухом сосновом лесу слабая сомкнутость не препятствует движению воздуха и солнечному нагреванию, но складывающийся перегной обнаруживает тенденцию к переходу в волокнистый торфяной гумус, так как разложение хвойных игл сильно задерживается содержанием в них смолы. Вместе с тем гумус соснового леса в воздушно-сухом состоянии обладает особенностью трудно воспринимать воду. Дождь, выпавший за периодом большой засухи, не смачивает слой гумуса, и вода проникает в почву через особые трубковидные пути. Вследствие этого дождевая вода растворяет значительно менее гумусовых веществ, и образование ортштейна в сосновом лесу происходит при одинаковых условиях медленнее, чем в буковом и дубовом лесу.

На лесных пожарищах и на сплошных вырубках, т. е. при внезапном оголении почвы, может происходить заболачивание ее в понижениях вследствие поверхностного стока воды в эти понижения с окружающих, более

<sup>1</sup> В этом торфе замечаются пряди волокон от стеблей и листьев пушицы *Eriophorum vaginatum* (пушицево-сфагновый торф).

Выделяют еще шейхцериево-сфагновый торф, который заключает остатки болотного ситника *Scheuchzeria palustris* в виде корневищ светлого вида, толщиной поменьше карандаша с утолщенными углами; остатки сосны в этом торфе отсутствуют.



повышенных мест, а главное—по причине прекращения задержания атмосферных осадков древесным пологом и за отсутствием системы насосов древесных стволов, выкачивающих воду из почвы—грунта на транспирацию.

О заболачивании суходольных лесов вследствие периферического разрастания сфагнового торфяника подробно было изложено выше.

Сфагновое болото переходит в боровину или верещатник (Heide): 1) при осушке болота, 2) при опускании уровня грунтовых вод и 3) вследствие исчезновения леса в окрестности.

По проведении осушительных канав сфагнум немедленно отмирает, с исчезновением сфагнового покрова засыхает сначала голубика (*Vaccinium uliginosum*), затем следуют мирт болотный (*Myrica gale*), клюква (*Vaccin. oxycoccos*), вереск (*Erica tetralix*) и, наконец, багульник (*Ledum palustre*). В местностях с очень интенсивными осадками возможен и обратный переход боровины: сохранившиеся в канавках и карьерах остатки прежней растительности вместе со сфагнумом постепенно заполняют эти искусственные углубления и располагаются по недавно возникшей боровине, которая снова принимает характер болот.

Вторая причина, падение уровня грунтовых вод, гипотетическая, так как пока не имеется опытных данных о том, как велико поднятие воды из-под почвы сфагновым торфяником или насколько последний в состоянии уступить воды подпочве.

Затем третья причина, исчезновение леса в окрестности, вызывает значительное повышение испарения воды на моховом болоте, вследствие этого сфагнум высыхает, отмирает, а вместе с ним постепенно погибают и его спутники; в результате сфагновое болото переходит в сухую боровину (Heide).

С облесением сосной пространства, прилегающего к образовавшейся сухой боровине, на этой последней, в местности с значительным количеством осадков, благодаря уменьшению испарения, обусловленного защитой от ветра, и инсоляции созданным сосновым лесом, снова появляются болотные растения во главе с сфагнумом, и боровина (Heide) переходит обратно в сфагновое болото.

В местности же с ограниченным количеством осадков, например на юго-востоке Германии, где верещатники всегда находятся под лесом, облесение сосной пространства, прилегающего к образовавшейся из-под мохового болота сухой боровине (Heide), не сопровождается переходом этой последней снова в сфагновое болото.

Если в такой местности исчезнет окрестный сосновый лес (вследствие вырубki или пожара), то, ввиду усиленного солнечного нагрева и доступа ветра, на верещатнике исчезает *Calluna vulgaris*, а с ней пропадают и другие вересковые растения; часто сохраняются только и затем распространяются *Aira flexuosa*, *Weingaertneria* или *Festuca ovina* и другие. Нередко, однако, и эти растения отмирают, и тогда лишь *Cornicularia aculeata* (в Юго-Восточной Германии) является единственным обитателем этих голых пространств.

Итак, заболачивание лесов составляет в природе широко распространенное явление.

В средней части СССР в области лесов, произрастающих на песчаной или супесчаной почве, в течение весьма длинного периода времени совершались многократные сводки леса с удалением, в форме древесины, минеральных солей в почву, и каждый раз после рубки леса происходило усиленное выщелачивание солей из оголенной почвы, в результате чего неизбежное обеднение почвы питательными веществами под лесом, с образованием подзола и рудяка, или ортштейна; рудяк, представляя собой водонепроницаемый слой в почве, обуславливает заболачивание, заторфование почвы и гибель леса, с образованием взамен его мохового торфяника.

На крайнем севере, несмотря на ограниченное количество осадков, заболачивание леса и гибель его, вследствие мерзлоты почвы, происходят еще

энергичнее по сравнению с более южными широтами, что обуславливает наступление тундры на лес и перемещение ее к югу.

Затем в северной и средней части СССР легко совершается зарастание и заторфование озер и других водоемов, которому способствует усилившийся поверхностный сток в них вод вследствие уменьшения лесов, в результате чего там, где когда-то плавал планктон, стояли по берегам камыши, в воде изобиловали рыбы и водились летом дикие гуси, утки и другие водные птицы, теперь монотонно расстилаются обширные сфагновые торфяники.

На огромных пространствах пожарищ, которыми испещрены наши леса, происходит заболачивание почвы, независимо от ее качества, с образованием в понижениях рельефа сфагновых торфяников.

Еще быстрее переходят в эти торфяники луговые болота, приближающиеся к пределу своего развития.

Наконец, всюду, где по тем или иным причинам возникли сфагновые торфяники, они своими периферическими разрастаниями быстро заболачивают прилегающие к ним суходольные леса, которые большими площадями гибнут в неравной борьбе с мхом-сфагнумом. С. Н. Никитиным в верховьях Волги (Осташковский уезд б. Тверской губернии) установлено разрастание и распространение существующих болот, особенно моховых, сопровождаемое заболачиванием и гибелью леса, пни которого повсеместно наблюдаются по окраинам болот (Труды экспедиции для исследования источников главных рек Европейской части России, издание А. А. Тилло. С. Н. Никитин. Исследования гидробиологического отдела. Бассейн Волги. Исследования 1894—1898 гг. СПб, 1899, стр. 222).

Сфагновые, или боровые, болота у нас развиты в б. губерниях: Псковской, Новгородской, Тверской, Ярославской, Костромской, Нижегородской, Владимирской, Московской и Рязанской.

Луговые болота распространены преимущественно в Полесье (б. Минской, Волынской губерниях).

В Восточной Сибири, представляющей собой область вечной мерзлоты почвы, во многих местностях, в частности в б. Амурской области, б. Приморской и в Енисейской губерниях, заболачивание совершается в грандиозном масштабе, и сфагновые болота (по-местному «мари») простираются на огромные пространства. Низины и увалы среди возвышенностей покрыты мохнатым ковром бесконечных торфяников, занимающих местами до 60—70% всего пространства района. Они забираются на значительную высоту по склонам, нередко довольно крутым, и даже заходят на водоразделы гор. Так, торфяниками, между прочим, в значительной мере одет и Становой хребет, за исключением лишь более крутых южных склонов главного хребта.

Неизменный спутник этих торфяников—высокое залегание вечной мерзлоты (на глубине 30—40 см). Предохраняя грунт от глубокого размывания, мерзлота накладывает особый отпечаток на ландшафт, характеризующийся чрезвычайно мягкими контурами рельефа.

На моховых болотах Восточной Сибири произрастают одиночными экземплярами или группами даурская лиственница, местами с примесью сосны; лишь на болотах недавнего происхождения растут заболоченные лесонасаждения из крупномерных деревьев в стадии задушения и отмирания.

А. П. Левинский<sup>1</sup> приходит к выводу, что в Амурской области в настоящее время болота распространяются за счет тайги. Амурская тайга в сколь угодно первобытном и чистом виде, то есть без примеси представителей болотной и полуболотной формации, сохранилась ныне на более повышенных частях рельефа, не подвергавшихся, в силу своего положения, процессам

<sup>1</sup> А. П. Левинский. К вопросу об эволюции болот в Амурской области. «Почвоведение», 1910.

Его же. Верхне-Зейская экспедиция. Предварительный отчет о ботанических исследованиях в Сибири и Туркестане в 1909 г. Издание переселенческого управления. СПб, 1910, стр. 105. См. также «Приамурье». М., 1909, стр. 795—796.

заболочивания, или на песчано-аллювиальных поймах рек. Все прочие участки Амурской тайги (а также и так называемых «марей») переживают процесс вымирания леса под напором надвигающихся болотных формаций. Причинами являются, кроме прочих физико-географических условий, присутствие почвенной мерзлоты, а также деятельность человека, выжигающего леса. А. П. Левицкий сравнивает наблюдаемое в Амурской области продвижение болота на лес с процессом захвата степи лесом, какой указал Коржинский для средней части СССР.

В Европейской части СССР площадь торфяных болот определяется в 33 млн. га и количество заключающегося в них торфа исчисляется в 41 млрд. т (добыча же его в центральной части России за 1910 г. составляла лишь 1,2 млн. т).

При этом, по данным Центрального статистического комитета, из 6. 24 губерний нечерноземной полосы, за исключением Архангельской губернии, как мало удобной для использования болот, площадь торфяных болот определяется в 18,5 млн. га (18 549 134 га). Вообще по абсолютной площади болот Европейская часть СССР занимает в Европе первое место, и торфу предстоит сыграть крупную роль в культурном росте страны.

Нахождение в моховых торфяниках остатков древесной растительности различных пород, расположенных в определенной последовательности в нескольких ярусах, и постепенное изменение состава этой растительности, с полным порой исчезновением ныне некоторых пород, находимых, однако, в торфяниках (например, сосны в Дании), вызвали идею о последовательности заселения страны с отступлением Скандинавского ледника и о смене климата со времени ледниковой эпохи.

Начиная с 40-х годов прошлого столетия эта идея занимала умы многих натуралистов во многих странах, и по этому предмету явилась обширная литература.

Разработкой этой идеи занимался в Дании (1841 г.) Стенструп (St. Steenstrup), Гейки (Geiki) в Англии (1867), затем А. Блитт (Blytt) в Норвегии (1876 г.), начитывавший со времени ледниковой эпохи для Скандинавии, судя по напластованиям в торфяниках, восемь чередований климатических условий, а именно: арктический период (появление *Salix polaris*, *S. reticulata*), сырой субгледциальный (остатки березы, осины и ив в торфе), сухой субарктический (появление сосны), влажный инфрабореальный (господство сосны), сухой и теплый бореальный (появились дуб и лещина), мягкий и влажный атлантический [широкое распространение зимнего дуба (*Q. sessiliflora*), в Дании и Южной Швеции], суббореальный (широкое распространение дуба и лещины) и влажный субатлантический период (распространение бука). Это не считая более сухого климата настоящего времени, когда на многих торфяниках полагается возникновение новых лесов.

В каждый из вышеуказанных восьми периодов Норвегия, по Блитту, заселялась растениями, соответствовавшими климату этих периодов. Что касается причин предполагаемых им климатических колебаний, то Блитт (1882—1883 гг.) усматривал эти причины в колебаниях температуры морской воды и силы морских течений.

Против гипотезы А. Блитта, встреченной сначала довольно сочувственно, были сделаны весьма серьезные возражения А. Кенигом, С. Вебером, Раманном, Гребнером и Потоньи; последний, между прочим, указывал, что дифференцировка торфяника на слои вызывается не климатическими колебаниями, а чисто местными колебаниями в условиях увлажнения данного торфяника.

Гипотеза Блитта, в настоящее время вне Скандинавии уже не встречающая сочувствия, на родине еще находит ревностных сторонников и продолжателей, в частности в лице Упсальского профессора Р. Сернандера, принимающего из восьми 5—6 блиттовских периодов. Против взгляда Сернандера высказывается проф. Г. Андерсон, один из лучших знатоков шведских торфяников.

Андерсон, однако, полагает, что в послеледниковое время на севере Европы существовал известный период с более теплым климатом, чем в настоящее время; этот период Бллит относит к своему бореальному периоду. В подтверждение этой мысли Андерсоном указывается на находки остатков разных южных растений и животных там, где они теперь больше не живут.

Таковы из растений: *Alnus glutinosa*, *Betula verrucosa*, *Tilia europaea*, *Corylus avellana*, *Rhamnus frangula*, *Quercus pedunculata*, *Acer platanoides*, *A. campestre*, *Fraxinus excelsior*, *Ulmus montana*, *Solanum dulcamara*.

Водные { *Trapa natans*—водяной орех, или чилим,  
растения { *Najas marina*.

Из моллюсков—*Patula rotundata*; из жуков—*Platydema violacea*; из позвоночных, прежде обитавших в Скандинавии, а потом исчезнувших, отмечаются: черепаха (*Emys lutaria*), кабан (*Sus scrofa*) и благородный олень (*Cervus elaphus*).

Ввиду приведенных фактов большинство скандинавских исследователей, а также и многие ученые внескандинавских стран принимают как доказанное существование в послеледниковое время периода с более теплым климатом (примерно на 2,4° за вегетационное время), чем в настоящее время, не только в Скандинавии, но и на всем севере Европы, что доказывается, между прочим, существованием на Шпицбергене многих (до 15%) высих растений, не приносящих ныне плодов, которые, однако, находятся там в ископаемом состоянии, например *Empetrum nigrum*, и нахождением на Шпицбергене и в Северо-Западной Гренландии мощных торфяников (глубиной до 2,4 м), которые могли образоваться только в климате более теплом, чем ныне, а равно нахождение сфагновых торфяников даже с остатками леса в тундрах Канады и области Юкона, севернее современной полярной границы лесов.

Теплый и сухой период («эпоха дуба»), относимый шведскими учеными за 8—10 тыс. лет до настоящего времени и характеризующийся тем, что дуб и лещина распространялись гораздо севернее, чем ныне (лещина на 500 км севернее), господствовал также и в Северной Германии, когда торфяники значительно сократились и получили распространение степные растения. Эпоха эта сменилась затем более влажным климатом, для которого характерным является в Германии бук, а в Швеции—распространение появившейся ели—это современный период.

Благодаря этому в моховых торфяниках Северо-Западной Германии можно различать два горизонта сфагнового торфа, нижний—более темный и верхний—более светлый, а в промежутке между ними залегают «пограничный горизонт», свидетель более сухого климата, когда торф начал разлагаться; горизонт этот состоит из остатков вересковых кустарников и пушицы; образование его в Германии относится к эпохе дуба. В 1913 г. В. Н. Сукачевым обнаружено присутствие подобного рода пограничного горизонта и в Шуваловском торфянике близ Ленинграда<sup>1</sup>. В этом пограничном горизонте найдены большие пни и стволы сосны, которая, судя по всему, росла почти так же хорошо, как теперь на суходолах, не имея ничего общего с корявой и низкорослой сосной, растущей ныне на том же болоте. Очевидно, было время, когда болото высохло, а затем снова наступило увлажнение и нарастание торфа. Сукачевым наблюдался пограничный горизонт в торфянике по р. Свири, затем в б. Псковской губернии и других местах.

Среди болот и лесов Полесья проф. Тутковским констатировано множество барханов, то есть песчаных холмов, насыпанных восточным ветром; эти барханы, ныне заросшие лесом, очевидно, не могли образоваться в современную эпоху; это—следы того времени, когда в Полесье после ледниковой эпохи господствовал более сухой и теплый климат. Такие же барханы наблюдались проф. Л. С. Бергом и другими среди сосновых лесов б. Черниговской

<sup>1</sup> В. Н. Сукачев. О пограничном горизонте торфяников в связи с вопросом о колебании климата в послеледниковое время. «Почвоведение», 1914, № 1—2.

губернии. Имеются они под названием «дно» также в Хреновом бору б. Воронезской губернии. Недавно подобный бархан, поросший сосняком, найдены Д. И. Литвиновым среди обширного торфяного болота в окрестностях Ямбургского б. Ленинградской губернии<sup>1</sup>; надо думать, что образование Ямбургского бархана относится к тому же сухому времени, когда высох и зарос крупномерным сосновым лесом Шуваловский торфяник.

Таким образом, целый ряд фактов говорит о том, что в доисторическую эпоху было время с гораздо более сухим и теплым климатом, чем современный.

В пользу существования в последледниковую эпоху периода с максимальной температурой приводится еще одно астрономическое соображение, приводимое в 1910 г. Андерсоном. По вычислениям метеоролога N. Ekholm'a (1899), подтверждаемым астрономом Charlier'ом, около 9 тыс. лет до настоящего времени температура должна была достигнуть на севере известного максимума, когда наклон эклиптики был больше, чем теперь, так что в Каресуандо, самой северной метеорологической станции Швеции (68°26'), солнце непрерывно оставалось летом на горизонте не 54 дня, как теперь, а 62 дня. Этот период усиленной солнечной радиации длился всего около 4 тыс. лет и начался, следовательно, около 11 тыс., а окончился около 7 тыс. лет тому назад.

По такой хронологии, около 9 тыс. лет тому назад, и происходило, как полагают шведские исследователи, усиленное таяние Скандинавского ледника, устанавливаемое шведским геологом проф. Де-Гером (G. de Geer)<sup>2</sup>. Благодаря высокой температуре того времени освободившаяся ото льда почва и заселилась в Средней Швеции сразу деревьями—сосной, березой и осиной, а не арктической растительностью (*Dryas octopetala* и др.), как то полагают в Южной Швеции и Дании.

Но хотя лед и стаял, климат еще не мог быть настолько теплым, чтобы сразу допустить появление, кроме сосны, березы и осины, также и крупнолиственных пород, каковы—липа, клен, ильм, дуб и лещина. Ведь в то время Швеция с востока омывалась холодным морем конца Иольдиевого периода отложения которого—«полосатые глины» (*hvarfvig lera*) и дали Де-Герму возможность установить его хронологию. Под водами этого моря, ко времени его максимального развития, находились не только значительная часть Восточной Швеции и великие шведские озера, но и большая часть Финляндии. Пейпус, Ильмень, Ладожское и Онежское озера и, вероятно, пространство между Онежским озером и Белым морем.

В период *Joldia* на месте великих шведских озер проходил из Немецкого моря в Иольдиевое море морской рукав, и потом, по Сернандеру, климат был холодный и суровый только на крайнем юге Скандинавии, тогда как в остальных частях страны летняя температура была уже настолько высока, что ледник быстро таял и почва одевалась лесами.

Должно было пройти еще немало времени, прежде чем, благодаря постепенному поднятию суши, сформировалось Анцилово пресноводное озеро.

К концу этого анцилового периода или даже к началу следующего Литторинового моря<sup>3</sup>, шведы и относят температурный максимум<sup>4</sup>. 4

<sup>1</sup> Труды Ботанического музея Академии наук, XII, 1914.

<sup>2</sup> A Thermographical record of the late quaternary climate. Сборник «Die Veränderung des Klima seit dem Maximum der letzten Eiszeit». Stockholm, 1910, S. 303.

<sup>3</sup> Из Литторинового моря образовалось Балтийское море, береговая линия которого в Южной Финляндии, как это установил в 1905 г. Karstedt, не всегда обнаруживала отрицательное движение, а временами находилась в покое. Отсюда нетрудно допустить, что она временами и подымалась. То же самое, ведь, могло происходить и с Литториновым морем.

<sup>4</sup> I. Stoller полагает, что климатический максимум был вызван местной причиной а именно превращением замкнутого Анцилового озера в Литториновое море, в которое улучшал возможность проникнуть рукав теплого Гольфстрима. Когда доступ Гольфстриму в Литториновое море, вследствие поднятия суши, прекратился, температура стала здесь снова падать.

Де-Гер доказывает, что в Южной Швеции ледник стоял около 12 тыс. лет, а у Стокгольма—около 9 тыс. лет тому назад.

В отношении места Стокгольма остается, таким образом, еще около 2 тыс. лет времени до конца периода высокой температуры. Такой промежуток времени некоторым (Г. И. Танфильеву) кажется слишком ничтожным, чтобы страна успела пережить конец периода иольдиевого и анциловый период, из которых каждый должен был длиться, во всяком случае, не одно тысячелетие, так как иначе они не успели бы оставить следов своего существования в виде береговых валов, глинистых и песчаных толщ и отложений с остатками живых организмов.

До исследований Де-Гера, Андерсон принимал, что Южная Швеция освободилась от ледника около 24 тыс. лет тому назад. При таком расчете еще была возможность разместить периоды сосны и следовавших за ней лиственных лесов. Из этих периодов особенно продолжительным всегда считали период сосны, так как его отложения отличаются очень большой мощностью.

Время образования этих отложений относили на весь период таяния льда.

Но установленная Де-Гером хронология создает для палеонтологов большое затруднение, требуя сильно сжать все периоды. Для выхода из этого затруднения Андерсон полагает (1910), что начало периода сосны совпало с тысячелетиями, в течение которых ставал ледник на пространстве между Данией и областью среднешведских озер, и что продолжение того же периода (с середины анцилового времени прибалтийских стран) приходилось на более теплое время, когда быстро ставал материковый лед в части Швеции севернее Стокгольма.

Андерсон признает, что на долю периода сосны при таком расчете приходится слишком мало тысячелетий, но полагает, что против предлагаемого им толкования едва ли можно привести какие-либо решающие ботанико-географические, палеонтологические или иные доводы.

Попытка Андерсона согласовать свои взгляды на историю развития растительности в Швеции с хронологией геолога Де-Гера, по мнению Г. И. Танфильева, едва ли может считаться удачной, потому что в ней отводится все же слишком мало времени для периодов сосны и лиственных древесных пород, или для периодов анцилового с концом иольдиевого и началом литторинового. Ведь от конца таяния льда в Южной Швеции до конца периода максимального тепла (12—7) остается все же только около 5 тысячелетий.

За столь короткий промежуток времени должны были стоять ледники в Южной и Средней Швеции, возникнуть хвойные и лиственные леса, образоваться мощные торфяники, зарости озера, появиться и отступить к югу или даже исчезнуть некоторые растения и животные, не говоря уже о превращении Иольдиевого моря в Анциловое озеро и этого последнего в море Литториновое<sup>1</sup>.

«Во всем этом вопросе, —продолжает Г. Танфильев, —остается еще много неясного, возбуждающего целый ряд сомнений, почему мы из области хронологии едва ли почерпнем достаточно убедительные доказательства в пользу температурного максимума Андерсона и последовавшего за тем охлаждения климата. Прав, мне кажется, Нёгбom, полагающий, что отступление лещины,

<sup>1</sup> Если Скандинавский ледник был не сплошной, а в форме глетчеров, между которыми оставались участки (прогалины) суши, как предполагают некоторые, то, ввиду неизвестности нам температуры воздуха и других условий погоды во время таяния ледника, очень трудно говорить, каков был период времени для стаяния ледника, и поэтому нет никакого основания высказываться, что для этого пятитысячелетие «столь короткий промежуток», а также о сроке времени для перехода одного моря в другое, так как этот переход связан с процессом таяния ледника, как уменьшившегося груза, благодаря чему соответственно происходило поднятие Скандинавского материка.

чилима и других произошло в близкое к нам время<sup>1</sup>. Для нашего севера трудно, в самом деле, допустить, чтобы, еще торчащие из мерзлого торфа, стволы ели принадлежали деревьям, жившим тысячелетия тому назад.

«Можем ли мы, таким образом, считать действительно доказанным, что в послеледниковую эпоху север Европы пользовался одно время более теплым климатом, чем он им пользуется теперь. Ответ должен быть пока отрицательный, потому что все факты, которые как будто говорят в пользу температурного максимума, поддаются и другому объяснению»<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Значит, совсем не нужно даже и многих сот лет, не говоря уже о тысячелетиях, чтобы могли «появиться и отступить к югу или даже исчезнуть некоторые растения». Тут г. Танфильев, очевидно, впадает в противоречие с самим собой. Ссылка же на торчащие среди тундры стволы ели совсем ни к селу, ни к городу.

<sup>2</sup> Г. И. Т а н ф и л ь е в. Пределы лесов в полярной части России по исследованиям в тундре тиманских самосеюв. Одесса, 1911, стр. 132.

## XVI. ВЕЧНАЯ МЕРЗЛОТА ПОЧВЫ

**В** доступной наблюдению толще земной коры имеется почвенный слой с постоянной средней годовой температурой, т. е. этот горизонт находится в стационарном тепловом состоянии, а следовательно, приход тепла, получаемого корой снизу от земного ядра, равен расходу его в междупланетном пространстве. Предполагается, что собственная тепловая энергия земного ядра не имеет никакого влияния на тепловое состояние верхних слоев земли и атмосферы и, следовательно, не играет никакой роли в метеорологическом явлении.

По вычислению метеоролога Г а н н а (Hann), количество теплоты, получаемой в течение года каждым квадратным сантиметром земной поверхности снизу, равно 54,2 кал.

Температура слоя, имеющего стационарное тепловое состояние, в экваториальных странах несколько ниже температуры воздуха на поверхности; в более же высоких широтах имеет место обратное соотношение.

На переходе должен существовать пояс, в котором температура постоянного слоя равна средней годовой температуре воздуха на поверхности<sup>1</sup>. Во всяком случае, между этими температурами должна существовать определенная зависимость: чем ниже средняя годовая температура на поверхности почвы, тем ниже температура слоя со стационарным тепловым состоянием.

В полярных странах средняя годовая температура на поверхности почвы ниже 0°, и, следовательно, слой со стационарным тепловым состоянием будет иметь также температуру ниже 0°.

Кроме полярных стран, также и в других областях с средней годовой температурой почвы ниже 0°, т. е. когда данная местность за год излучает в небесное пространство больше тепла, чем получает его от солнца, на известной глубине земли должен существовать слой почвы, который круглый год остается мерзлым, то есть другими словами слой вечно мерзлой почвы более или менее значительной мощности.

<sup>1</sup> В Петровско-Разумовском, по наблюдениям за 45 лет, средняя годовая температура воздуха составляет 3,7° с колебаниями от 2,0° (1907 г.) до 5,3° (1903 г.), а на поверхности почвы . . . . . 4,3°

на глубине же . . . . .	{	0,1 м	6,6°	1,0 м	6,3°
		0,25 »	6,3°	1,5 »	6,5°
		0,5 »	6,5°	2,0 »	6,5°



Вечная мерзлота занимает большие пространства на севере СССР и востоке Сибири и на севере Канады. Она заслуживает внимания хотя бы уже по одному тому, что площадь, охваченная ею в Сибири, достигает около 7 млн. км<sup>2</sup>. Впервые вопрос о мерзлоте возник благодаря находкам в 1771 г. на берегу р. Вилкоя под 64° с. ш. в мерзлой почве хорошо сохранившегося трупа носорога и в 1779 г. около устья р. Лены под 70° с. ш. трупа мамонта. Мерзлота возбудила всеобщий интерес ученых в 30—40-х годах XIX столетия, и одной из основных задач сибирской экспедиции Миддендорфа, снаряженной в 1840 г. Академией наук, было исследование этого вопроса. В последние годы вечной мерзлотой почвы занимались многие исследователи, главным образом геологи и метеорологи; с ней столкнулись также и инженеры при постройке Забайкальской и Амурской железных дорог, агрономы при исследовании и отводе переселенческих участков.

Первым шагом в изучении мерзлоты естественно является вопрос об ее географическом распространении. Как показали факты и наблюдения, на сохранение тепла почвы громадное влияние имеет толщина снежного покрова и время его выпадения. На основании наблюдений и связи мерзлой почвы с средней годовой температурой воздуха и толщиной снега геологом Л. Ячевским в 1889 г. составлена карта распределения вечной мерзлоты в России<sup>1</sup>.

В Европейской части СССР южная граница распространения вечной мерзлоты простирается в области тундры, начинаясь несколько севернее Архангельска, идет приблизительно параллельно берегу Ледовитого океана, проходит от Мезени через Печору приблизительно под 65,5° с. ш.; на Урале она спускается, вероятно, несколько ниже (под 65° с. ш.), а затем поднимается к Березову на Оби, пересекает р. Енисей при впадении в нее р. Нижней Тунгуски; затем круто опускается к югу, придерживаясь течения Енисея, переходит рр. Ангара и Кан в нижней их части, далее протягивается к юго-западу и, пересекая около г. Минусинска р. Енисей, огибает его верховья; пово зачинает вновь на восток и, вступив в Монголию, проходит по верховьям рр. Селенги и Аргуни, спускаясь ниже 48° с. ш., затем пересекает р. Амур около г. Благовещенска, спускается по Амуру, после двукратного его пересечения, почти до 48°37' и, поворотив отсюда к северо-востоку, достигает Охотского моря около мыса св. Александра.

Далее к востоку от этой линии вечная мерзлота почвы, по данным геолога Д. Соколова, встречается в северной части о. Сахалин, то есть севернее пятидесятой параллели, чему соответствует в Европейской части СССР приблизительно широта Харькова, а северная оконечность Сахалина (54°21') отвечает положению Тулы. Но средняя годовая температура на острове всего около 1°; температура июля, самого теплого месяца, составляет в среднем около 15°, а температура января—19—20°. Затем граница поднимается и пересекает Камчатку под 58° с. ш. В Северной Америке эта граница встречается уже под 64° с. ш., проходит ниже форта Симпсона на р. Мекензи и спускается около Гудзонова залива до 51° с. ш., а затем снова поднимается к северу. Следовательно, северо-восток Канады, Гренландия и почти вся Северо-Восточная Азия принадлежат к области вечной мерзлоты.

На Кольском полуострове, благодаря преобладанию песчанистого грунта и влиянию Гольфштрима, настоящей мерзлоты нет.

Севернее этой границы можно встретить еще растительную культуру. Растительности здесь благоприятствует оттаивание верхнего слоя почвы во время лета. Так, около Якутска, под 62° с. ш., еще занимаются хлебопашеством, а в Северной Америке около устья р. Мекензиевой возделывают землю даже под 64—65° с. ш.

Проведенная граничная линия представляет собой лишь первое приближение; в действительности же, по выражению Ячевского, граница мерзлоты,

<sup>1</sup> Л. Ячевский. О вечно мерзлой почве Сибири. Известия Русского географического общества. 1889, т. XXV, вып. 5.

по самой природе явления, обусловливаемого сложной серией факторов, представляет вид, очень сходный с береговой линией сильно изрезанного материка, окаймленного многочисленными островами.

В пределах области вечной мерзлоты, конечно, есть немало мест, свободных от этой мерзлоты, особенно в южной части области, где пространства со слоем мерзлоты пестро чередуются с участками, не имеющими этого слоя почвы.

Наличность мерзлоты почвы тесно связана с почвенными условиями: составом почвы, в частности ее теплопроводностью, степенью влажности, и присутствием почвенной воды, а также с топографией местности: высотой над уровнем моря, экспозицией по отношению стран света.

Далеко к югу от граничной линии, окружающей область вечной мерзлоты, также располагается островами вечная мерзлота. Так, проф. А. А. Битрих в густом ельнике типа «непиловочной пармы», расположенном в бассейне р. Лопьи Устьсысольского уезда б. Вологодской губернии, 28 июля встретил вечную мерзлоту на глубине 75 см, причем почвенный покров в этом ельнике составляли кукушкин лен, морошка и пихтовый стланец.

Под моховыми торфяниками мерзлота распространена по всей северной половине лесной зоны, даже в средних губерниях.

Торф является дурным проводником тепла и всегда сильно задерживает нагревание почвы. Но это не будет «настоящая мерзлота», которая характерна для сухих мест тундры. Так, по сообщению А. Р. Варгас-де-Бедемара, в окрестностях Гатчины (б. Петербургская губерния) на моховых болотах в конце июня на глубине 2—3 м наблюдалась вечная мерзлота; даже еще 11 августа эти болота местами имели мерзлоту на этой глубине. (Исследования запаса и прироста лесонасаждений в Петербургской губернии, СПб, 1850, стр. 23.)

Профессором Г. Танфильевым наблюдалась 7 июля мерзлота в торфяниках б. Московской губернии, а у Свердловска (Екатеринбург) даже 13 августа (см. Танфильев. «Полярные пределы дуба в России». «Известия СПб ботанического сада». 1902, том VII, стр. 201).

Распространение мерзлоты далеко на юг в пределах Монголии (до  $40^{\circ}37'$  с. ш.), несмотря на значительную высоту местных нагорий и долин (от 1000 до 1800 м над уровнем моря), объясняется главным образом отсутствием здесь снежного покрова или малоснежием зимой.

Твердый мерзлый слой в почве является механической преградой для растений, вызывая образование горизонтальной, поверхностной и сильно разветвленной корневой системы. Кроме того, мерзлота представляет собой и водоупорный слой.

Громадное значение имеют грунтовые воды; при этом влияние их различно, смотря по тому, стоячи они или проточны. Наличие в почве стоячей воды увеличивает толщину слоя мерзлоты и уменьшает глубину оттаивания во время лета. С замерзанием верхних слоев почвы, сильно пропитанных водой, увеличивается ее теплопроводность, так как содержащаяся в ней вода превращается в лед. Теплопроводность льда приблизительно в четыре раза больше, чем воды; благодаря этому холод зимой проникает вглубь, значительно замораживая все новые и новые слои почвы. Летом же, с оттаиванием верхнего слоя почвы, теплопроводность его уменьшается, вследствие чего замедляется проникание тепла в почву. Разница в проникновении вглубь тепла или холода, при прохождении через лед или воду, по вычислению горного инженера С. К о н с т а н т о в а, выражается так, что один и тот же тепловой поток, в случае ледяного покрова, проникает в глубину почти в 8 раз большую, чем в том случае, если он проходит через слой воды той же толщины. Этим и объясняются вышеуказанные свойства стоячей воды.

Проточная же вода, благодаря постоянному своему движению и, следовательно, постоянной замене воды, циркулирующей в данном слое почвы, все новыми и новыми ее массами, отдает почве большее количество тепла,

противодействует понижению температуры почвы, а следовательно, и распространению мерзлоты. Толщина мерзлого слоя, а зачастую и его существование, зависит от количества циркулирующих подземных вод.

Эта чувствительность явления мерзлоты почвы от совокупного влияния целого ряда внешних условий приводит к чрезвычайно запутанному расположению участков, свободных от мерзлоты среди пространств с слоем вечно мерзлой почвы.

Что касается мощности мерзлого слоя в различных местах, то она колеблется в весьма широких пределах, начиная от 0,4 м и достигая 70,4 м на ст. Бушулей Амурской железной дороги. В буровых скважинах на ст. Сохонда Забайкальской железной дороги толщина мерзлого слоя колебалась от 30 до 30,5 м, в Могзоне—от 53,3 до 67,4 м.

В Тунке колодезь до глубины 32 м шел в мерзлоте и был оставлен за невозможностью продолжать работу. В Чите, около железнодорожных мастерских, буровая скважина показала толщину мерзлого пласта в 30 м. В б. Иркутской губернии на многих переселенческих участках толщина мерзлости достигает от 25 до 35 м.

Мощность вечной мерзлоты бывает весьма значительна, как показывают наблюдения, сделанные в Якутске в довольно глубокой шахте. Шахта эта была начата в 1828 г. Шаргиным, с целью сделать колодезь, и была доведена в мерзлоте до глубины 9 м. В начале 30-х годов скважина продолжена в мерзлоте до глубины 38 м. По совету путешественника Врангеля, для научных целей в 1837 г. она была доведена до глубины 116,4 м, но так как земля все еще была промерзлой, то шахта была сверху заделана. В 1840 г., по поручению Академии наук, Миддендорф исследовал температуру почвы на различных глубинах этой шахты и нашел на глубине 6 м —10,2°, а на дне —3°.

Иногда мерзлые слои почвы перемешиваются с тальми, что наблюдается и в Забайкальской и в Амурской областях, особенно часто такие случаи встречаются на золотых промыслах Якутской области. Так, на Елизаветинском прииске шахта прошла три мерзлых слоя, разделенных тремя тальми слоями, причем глубина залегания и толщина этих слоев оказались следующие (м):

	Глубина	Толщина слоя
Талых . . . . .	От 0 до 0,53	0,53
Мерзлота . . . . .	» 0,53 » 5,38	4,85
Талых . . . . .	» 5,38 » 8,40	3,02
Мерзлота . . . . .	» 8,40 » 14,06	5,66
Талых . . . . .	» 14,06 » 18,33	4,27
Мерзлота . . . . .	» 18,33 » 28,29	9,96

Очевидно, по таким перемежающимся таликам циркулирует грунтовая вода в области вечной мерзлоты.

Вечная мерзлота неоднократно была обнаружена и под руслами рек, например в руслах: Черного Урюма на глубине 4,93 м, Белого Урюма на глубине 2,43 м, под ложем Ингоды на глубине от 6,4 до 7,7 м, под руслом р. Баляги от 6,4 до 10,7 м.

Любопытно отметить, что в пласту постоянной мерзлоты часто встречаются более или менее мощные слои чистого льда; так, на левом берегу Урюма обнаружен пласт льда в 2 с лишком метра толщиной, на левом склоне долины Большого Невера в обрыве террасы найден лед толщиной от 2 до 2,25 м, подстилающий слой торфа в 1,5 м толщиной, на котором рос лес.

В гидрологическом, хозяйственном и многих других отношениях очень большое значение имеет глубина, с которой начинается пласт постоянной

мерзлоты. Глубина эта зависит от тех же самых условий, которые влияют вообще на образование вечной мерзлоты.

В период зимних холодов верхний уровень вечной мерзлоты почти совпадает с дневной поверхностью. В течение лета, в зависимости от целого ряда факторов (степени теплоемкости и теплопроводности почвы, состава растительного покрова, экспозиции места, силы и продолжительности осенних морозов, толщины снежного покрова и т. д.), почва в разных пунктах оттаивает неравномерно. В общем же к осени наблюдается такая правильность: на наиболее повышенных местах почва оттаивает наиболее глубоко; по мере перехода к низинам горизонт мерзлоты постепенно повышается; под болотами же и в особенности в моховых торфяниках мерзлота наблюдается всего ближе к дневной поверхности. Наконец, непосредственно по берегам рек и ручьев, особенно на гривах речных наносов, отмечается снова резкое и значительное понижение уровня мерзлоты. Так, по наблюдениям К. Н. и К. Ф. Рова<sup>1</sup> в 1910 г. в Забайкалье, на Унахинском плато (55°2' с. ш. и 126°16' в. д. от Гринвича), по открытым увалам (дерново-подзольной почвы) мерзлота начиналась на глубине 1,5—2 м, по заболоченным склонам—на 1,2—1,0—0,7 м, в низинах же—на 45—35 см, и под сфагновым ковром в августе мерзлота начиналась на глубине всего 15—17 см.

Затем на северных склонах с заболоченной почвой мерзлота приближается к дневной поверхности, причем при наличии мохового покрова почвы она часто залегает уже на глубине 20—25 см; на южных же, сухих склонах мерзлота опускается на значительно большую глубину—до 4 м и глубже.

При постройке железных дорог глубина залегания мерзлоты определилась: для Забайкальской железной дороги от 1,6 до 4 м и для Амурской от 0,6 до 1,5 м, т. е. по направлению к востоку мерзлота приближается к дневной поверхности. Средняя глубина залегания мерзлоты для б. Иркутской губернии определилась (м):

в июне . . . . .	1,81	в сентябре . . . . .	2,33
» июле . . . . .	2,17	» октябре . . . . .	2,35
» августе . . . . .	2,34		

то есть постепенным прогреванием почвы верхний горизонт пласта мерзлоты опускается. Во многих случаях постоянный мерзлый слой встречается на очень больших глубинах, от 10 до 30 м.

Верхний горизонт слоев мерзлоты никогда не представляется ровной плоскостью, а имеет чрезвычайно сложный микрорельеф, расчлененный значительно сильнее, чем дневная поверхность данного участка; иногда на поверхности мерзлоты образуются цепи грядок, бугорков и ложбинок, с превышением первых над вторыми нередко на 50—60 см. Эта гравировка поверхности мерзлоты обуславливается микротермическими условиями почвы и ее покрова: наличие дерева, муравьиной кучи, подушки мха или отдельной кочки сопровождается соответственной величины бугорком непротаявшей почвы; с другой стороны, нарушение сомкнутости дернины, изгиб профиля поверхности почвы и т. п. ведут к образованию впадин и ямок на поверхности мерзлоты.

Чем выше залегает мерзлота, тем расчлененнее бывает ее поверхность, и, наоборот, происходит заметное сглаживание мерзлой поверхности по мере опускания ее на глубину.

Мерзлота почвы, по своей природе, является водонепроницаемой, поэтому на ее поверхности обычно образуется своеобразный водоносный горизонт, так называемый «плавун». Этот горизонт в летнее время питается как атмосферными осадками, так и притоком талой воды с более повышенных мест; иногда он так богат водой, что, по Прохорову, бывает наступательное движение всей разжиженной массы (плавуна) по поверхности мерзлоты.

<sup>1</sup> О некоторых динамических процессах в почвах в области распространения почвенной мерзлоты. «Почвоведение», 1912, № 2, стр. 49—73.

Мощность водоносного горизонта обыкновенно составляет 50—60 см, достигая иногда 1 м. Образующаяся с осенними морозами в верхнем слое почвы мерзлая корка зимой утолщается и достигает глубины плавуна. Это нарастающее мерзлой коры идет неравномерно, т. е. нижняя поверхность коры представляет собой выпуклины и впадины; во многих местах происходит спайка или срастание мерзлой коры со слоем вечной мерзлоты, при этом «плавуны» являются как бы зажатыми сильно, словно тисками, между двумя твердыми поверхностями смерзшейся почвы, представляя собой систему сетевидных сплетений, или лабиринта холодов, каналов и т. д.

Таким образом, вся почвенная водоносная система в период зимних холодов разбивается на целый ряд до известной степени изолированных друг от друга мелких бассейнов. Отсюда, на основании физического свойства воды расширяться при замерзании (100 объемных единиц воды превращается в 109,08 объемной единицы льда, т. е. приращение на 9,1%), неизбежно внутри этих замкнутых систем образование повышенного давления, к которому еще прибавляется более или менее значительное гидростатическое давление текучих грунтовых вод. Поэтому сохраняющаяся жидкой вода в разобщенных системах по достижении давления до известного предела частично выступает на дневную поверхность либо путем образования так называемых наледей, или тарынов, либо путем быстрого извержения, сопровождающегося разрывом верхней мерзлой корки. И в том, и в другом случае выходящая на дневную поверхность вода, замерзая, образует иногда чрезвычайно мощные скопления льда на значительных площадях.

Вечная мерзлота почвы является очень важным физико-географическим фактором, накладывающим отпечаток на многие стороны жизни края; к сожалению, влияние ее пока еще мало изучено.

Постоянная мерзлота почвы представляет собой водонепроницаемый слой; при залегании ее на сравнительно небольшой глубине она обуславливает следующие две особенности режима рек, наиболее резко выраженные в Забайкалье и б. Амурской области. Местные реки, при осадках в теплую половину года, образуют резкие паводки, после которых уровень воды сильно падает, спускаясь почти до зимнего горизонта, так как дождевые осадки почти полностью стекают в реки, не просачиваясь в почву; поэтому за скудностью запаса текучих грунтовых вод последние не питают реки в весенний и летний период. Вешних вод в реках Забайкалья и б. Амурской области нет по причине малоснежья, и вскрытие рек происходит почти без подъема воды; на мелких реках часто не бывает ледохода, и лед в них, покрываясь «верховой» водой, постепенно тает на месте.

В общем поверхностный сток воды очень велик; будучи определен при проектировании железной дороги для некоторых рек б. Амурской области этот сток оказался до 74% всего количества осадков, тогда как в других районах СССР при отсутствии мерзлоты обычно он составляет только около 30%.

Другая особенность рек, протекающих в области вечной мерзлоты почвы, связанная с затрудненной из-за мерзлоты циркуляцией грунтовых вод, состоит в их склонности к образованию в зимнее время наледей<sup>1</sup>; под ней подразумевается внезапное появление, среди скованной морозом природы, на реках, а также в долинах воды, которая, пропитавши снежный покров, затопляет покрытые льдом русла рек и целые долины. Особенно значительное развитие наледей имеют в б. Якутской области; летом наледей в б. Якутской области—это громадные, толщиной в несколько метров, ледяные поля, покрывающие целые гектары, а иногда и десятки квадратных километров, и окаймленные, как венцом, ковром растительности.

Таким образом, соединяя в себе, казалось бы, несовместимые сочетания, как 40° морозы и тут же затопленные водой долины или как 35° жары летом

<sup>1</sup> С. А. Подьяков. Наледи Восточной Сибири и причины их возникновения. Известия Географического общества, 1912.

и рядом ледяные поля,—наледь представляет для путешественников как бы странное противоречие природы и потому возбуждает к себе глубокий интерес.

Причина наледи на реках—сковывание морозом береговых склонов реки или речки при образовании на ней ледяного покрова, примерзающего к берегам, что вызывает подъем грунтовой воды в речной долине. Находящаяся в грунте вода выступает зимой на дневную поверхность в местах, которые сравнительно мало промерзли, благодаря ли сухости почвы осенью или защите снежного покрова, и вызывает появление наледи.

В долинах же, где летом нет проточных вод, причиной наледи являются родники, циркулирующие в почве долины из-под окрестных возвышенностей. Мороз, сковывая землю, закрывает для родников путь движения; после долгого задержания вся вода из родников выбивается где-либо на поверхность, разливаясь наледью. Подобные наледи обычно растаивают окончательно к середине июля.

Вследствие слабого питания рек грунтовой водой, в зимнее время уровень воды в реках заметно падает. При чередовании холодных волн зимой лед, одевающий проточные воды, принимает своеобразное сложение. При первых морозах речка покрывается тонким слоем льда; так как вода в ней продолжает падать, то под образовавшейся ледяной корой получается свободный промежуток для опустившегося водного горизонта; при следующем морозе речка под этим воздушным промежуток покрывается вторым ледяным слоем. Таким образом, за зиму может образоваться несколько слоев ледяного покрова, пока вода в речке не остановится на более или менее постоянном, минимальном уровне.

Расстояние между слоями ледяного покрова соответствует скорости падения водного уровня и повторяемости морозных волн зимой. Эти слои льда, чередующиеся с воздушными промежутками, носят в Сибири название «сушника».

В связи с постоянной мерзлотой и малым питанием в течение зимы водостоков грунтовой водой находится частое промерзание рек и речек до дна, так что от реки остается зимой, по камешнику речного дна, лишь ряд ям (омутов) с непроточной водой.

Эти омуты—ямы иногда служат зимой единственным источником водоснабжения. При сплошном промерзании реки или речки вода продолжает слабо течь либо в галечнике, подстилающем дно реки, либо в толще долинных наносов (см. С. А. Подьяконов. «Наледи Восточной Сибири и причины их возникновения». Известия Русского географического общества, 1912 г.).

В тех местах, где почвенные воды зимой сильно сдавлены между верхней мерзлотой и вечной мерзлотой, по достижении предельного давления, образуются выпуклины, или бугры, при этом верхняя корка начинает вздываться, вспучиваться и, наконец, с треском, напоминающим глухой выстрел, лопается. Вспучение сразу сильно увеличивается, поверхность его растрескивается в различных направлениях, и из трещин бурными фонтанами извергается вода, иногда в громаднейшем количестве. Эта вода сильным потоком разливается по окружающим понижениям, иногда на несколько километров; по замерзании ее образуются мощные изверженные наледи.

Эти своеобразные вспучивания почвы имеют форму бугров, обычно овальных и реже округлых, или же иногда принимают вид длинных гряд, валов. Вспучивания бугрообразные достигают 6—8 м высоты и 14 м в поперечнике, а при грядовой форме—70 м длины при ширине до 70 м.

Сила вспучивания бугра бывает настолько велика, что при этом вздымаются участки леса, наклоняются, ломаются или расщепляются крупномерные деревья, отрываются огромные глыбы мерзлой почвы и льда, сносимые потоками разливающейся воды.

Затем, когда на поверхность разольются излишние количества сдавленной воды, трещины бугра промерзают и устанавливается вторичная укупорка

ядра бугра; при этом под мерзлой почвенной корой бугра образуется вторая ледяная кора в виде свода, что влечет за собой вторичное нарастание давления, способное вновь вызвать взрыв. Иногда же, за недостатком притока почвенной воды под бугром, после извержения бугра оставшаяся вода замерзает, образуя мощную ледяную линзу.

Главная ось овального бугра всегда совпадает с линией склона, на котором бугор образовался. С этой же осью совпадает и основная трещина коры на поверхности бугра; эта трещина достигает 0,5 м и даже 1 м ширины и 1—1,5 м глубины; от главной трещины отходят более мелкие трещины, преимущественно расходящиеся радиусами от вершины бугра. На поверхности особенно больших бугров, кроме основной продольной трещины, часто наблюдается еще по нескольку ей параллельных трещин, обычно проходящих у основания бугра.

Оказавшиеся на поверхности бугра деревья всегда сильно наклонены от вершины бугра к его краям.

Если трещина придется как раз под растущим на бугре деревом, тогда ствол его расщепляется на довольно значительную длину, причем одна половина дерева держится корнями по одну сторону трещины, а другая—по противоположную сторону.

Очевидно, с наступлением зимы, вследствие замерзания верхних слоев почвы, циркулирующая на некоторой глубине земли вода, находящаяся под горизонтом вечной мерзлоты, не в состоянии пробиться наружу, на дневную поверхность, и, по мере своего поступления, постепенно замерзает под окованной морозом почвой, образуя линзу льда, который по мере своего отложения вспучивает мерзлую почву.

Описанные вспучивания почвы часто сопровождаются зимой образованием около бугра обширных поверхностных наледей и в том случае, если циркулирующая вода пробивается наружу в основании бугра и, растекаясь по поверхности почвы и пропитывая снежный покров, образует ледяные поля на пространстве нескольких десятин.

При вскрытии бугра, после его взрыва, под почвой неизбежно обнаруживается внутренний слой чистого льда; мощность последнего всегда бывает наибольшей у вершины бугра, достигая иногда 2 м, и постепенно уменьшается к основанию бугра, где обычно быстро выклинивается, сходя на нет в таком водоносном слое (по раскопкам Никифорова и Аволина) там, где почва принимает горизонтальную поверхность<sup>1</sup>.

При пробитии ледяного свода вода вновь извергается через скважину значительными фонтанами, высотой иногда в рост человека. После выхода воды, под бугром освобождаются внутренние подпочвенные камеры, иногда настолько вместительные, что под массивным ледяным сводом можно свободно ходить.

На дне бугра всегда имеется слой вязкой, полужидкой массы, мощностью до 70—90 см, подстилаемой горизонтом вечной мерзлоты. При рассмотрении этой полужидкой массы, в разрезе, всегда наблюдается сортировка ее по механическому составу: в верхних частях эта масса состоит из весьма тонкоструктурного, илистого материала, грязно-серого цвета; поглубже она постепенно опесчанивается и, наконец, в наиболее глубоких слоях состоит из грубого песка желтого цвета. Эта сортировка говорит о существовании довольно значительного передвижения почвенного материала внутри непромерзающего слоя, при каковом передвижении и совершается закономерное распределение фракций механического состава.

Сопоставляя общее количество изверженной воды с емкостью внутренней пустоты бугра, всегда отмечается несоответствие того и другого объема,

<sup>1</sup> Н и к и ф о р о в. О некоторых динамических процессах в почвах в области распространения почвенной мерзлоты. «Почвоведение», 1912, № 2, стр. 49—74 (с двумя фотографиями).

приводящее к тому заключению, что при извержении выносятся масса воды и из внутренней каналобразной водоносной сети; это вполне подтверждается тем, что под ледяным сводом в самих камерах видны отверстия этих водоносных ходов, в виде черных узких нор.

При извержении бугров выносятся на дневную поверхность не только вода, но также и почвенная масса; при пробивании льда изверженных наледей около бугра часто наблюдается подо льдом отложение илистого материала не только в междукочкарных местах, но и в самих кочках; при этом изверженная земля, отлагаясь между кочками, погребает под собой межкочковый лед.

С наступлением весны бугры постепенно разрушаются: заключенная в них вода протачивает себе выходы, протаивают и проваливаются своды; борты бугров временно сохраняют вид кратеров; наконец, и они, за растаянием ледяного свода, начинают спадать, обваливаются и разрушаются. В результате на месте бывшего бугра остается хаос свалившихся деревьев, изорванной почвы и т. д. В следующую зиму образуется бугор не на месте прошлогоднего, а несколько выше по склону.

По наблюдениям местных жителей, многие бугры появляются с упорным постоянством каждую зиму почти в одних и тех же местах, причем некоторые из них даже почти совершенно не меняют ни своей формы, ни величины; это—бугры, расположенные на местах выхода ключей. Другие же бугры изменяют как форму и размеры, так и свое местоположение; по-видимому, такие бугры связаны с родниковой жилой, находящейся в почве близ дневной поверхности.

Характерной особенностью всех этих выпучиваний почвы является их строгая приуроченность к подземной проточной воде, верховодке, залегающей близ дневной поверхности. Поэтому описанные вспучивания зимой встречаются весьма часто и по склонам «марей» (болот), и в тайге, в долинах речек, по берегам; всего чаще бугры приурочены к заболоченным покатым более мелких речек. Можно встретить их также и на отдельных наледях.

За пределами Восточной Сибири бугры вспучивания встречаются также в сырых местах тундры и в высокогорных болотах. Так, в Западной Сибири на полуострове Ямал, севернее Обской губы, в области вечной мерзлоты почвы, в более сырых местах тундры образуются бугры до 0,75 м высотой и 4—6 м в поперечнике, выпученные льдом и разорванные им. При этом лед плотной массой виден прямо под дерном в местах разрыва; поверхность бугра затянута мхами с осоками, а в разломе виден торф. По сообщению проф. В. В. Сапожникова, такие же бугры встречаются также и в высокогорных болотах Монгольского Алтая<sup>1</sup>.

Наряду с буграми в Восточной Сибири зимой образуются подземные наледы, то есть слои чистого льда, толщиной до 20 см, занимающие довольно большую площадь, причем почва промерзает вплоть до горизонта вечной мерзлоты. По-видимому, такое расслоение почвенных горизонтов ледяным слоем происходит в тех же местах, где скопление воды в водоносном горизонте бывает ограниченное по сравнению с тем, какое имеет место при образовании бугра. Во всяком случае, появление подземных наледей связано с наличием слоя вечной мерзлоты, затрудняющей движение грунтовых вод. Эти наледы характеризуются тем, что они никогда не достигают большого протяжения, а ограничиваются площадями в несколько десятков или сотен квадратных метров. Образование подземной наледи и ее нарастание зимой сопровождается некоторой приподнятостью почвы, на поверхности которой появляется масса мелких трещинок, причем приподнимаются также и произрастающие громадные деревья и кустарники. Таким образом, подземная наледь—первая стадия образования бугра.

<sup>1</sup> В. В. Сапожников и Е. В. Никитин. Нижняя Обь и Обская губерния. Дневник путешествия 1919 г. Напечатано в «Известиях Русского географического общества», т. LV, 1919 г. 1923 г., вып. 1, Петроград, 1923.



Наконец, в мерзлой почве весьма часто наблюдаются мелкослоистые ледяные прожилки, встречающиеся всего чаще в почвах болотистого типа, особенно в торфяных болотах. Расщепление почвы в этом случае носит дробный характер, без того расслаивания, какое имеет место при образовании слоя чистого льда; тем не менее это расщепление может быть значительным, так как иногда сумма всех ледяных прожилок превышает объем раздробленной почвенной массы.

Помимо внезапных извержений почвенной воды из бугров, не менее часто в Восточной Сибири происходит вынос на дневную поверхность: зимой—подземной воды вторым путем, в виде наледей, или тарынов, которые в громадном большинстве случаев приурочены к берегам и долинам рек, ручьев и ручьев, каковые берега сложены обычно из наносов гальки, представляя собой среду рыхлую и пористую. Этот путь зимнего выступления на дневную поверхность подземной воды представляет собой процесс, протекающий спокойно и постепенно, иногда на протяжении нескольких месяцев и даже всей зимы. Образование наледи предполагает непременно наличие свободного выхода на поверхность грунтовых вод. Наледи из года в год периодически появляются на одних и тех же местах.

При известном сочетании метеорологических условий иногда на месте наледи образуется зимой бугристое вспучивание почвы.

Наледи встречаются главнейшим образом в районах горного характера с почвами грубоскелетными, изобилующими гольми россыпями обломков горных пород. Вспучивания же почвы преобладают в районах с более или менее сглаженным рельефом, при сильной тенденции почв к заболачиванию.

При таянии летом поверхностной наледи талая вода, просачиваясь вглубь, вымывает на некоторую глубину большую часть тонких мелкозернистых частиц почвы, т. е. мелкозема, так что при растаянии льда на месте большинства наледей остаются почти голые россыпи крупных обломков или щебенка; разбирая последние, в глубине их всегда можно найти отложения промытого материала, хвою, а иногда и обрывки мертвых дернин. Вымытый мелкозем, опустившись на некоторую глубину, попадает в горизонт способный становиться водоносным.

Подобные россыпи, то совершенно обнаженные, то покрытые тощей дерниной, чрезвычайно характерны для всех речных долин по линии перехода долины к коренному берегу, т. е. как раз в пунктах наибольшего развития наледей; здесь, в виде длинных полос, россыпи зачастую на целые километры сопровождают долины даже незначительных рек.

Все процессы зимнего режима почвенных вод в Восточной Сибири в конечном результате сводятся к накоплению за зиму льда либо внутри почвы, либо на ее поверхности; при этом структура льда зависит от способа накопления. Лед, образовавшийся путем наледи, или тарына, обладает тем чрезвычайно постоянным и характерным для него признаком, что он мелкослоистой структуры, ясно выраженной на разрезе этого льда. Лед же образовавшийся сводами в буграх или в виде подземных отложений, т. е. при условии внешнего давления, не только не обладает слоистостью, но наоборот, в нем замечается столбчатое строение; эта столбчатость вполне определенно намечена целыми цепочками мельчайших пузырьков воздуха, заключенных во льду.

Образование поверхностных и подземных наледей проливает некоторый свет на историю возникновения пластов чистого льда, встречающихся довольно часто среди мощных толщ постоянной мерзлоты. Иногда слои льда многократно чередуются с пластами земли, что наблюдается, в частности, в Амурской области; так, на Григорьевском прииске около Дамбуков пробы бурф в постоянной мерзлоте до глубины 19 м, окончившийся на скале; приче с глубины 5,3 м началось чередование прослоек льда, толщиной 25—30 см и ила, толщиной 30—40 см, и в общем оказалось 22 парных напластований льда и ила.

Вечная мерзлота имеет влияние на характер размыва реками своего ложа и образования речных долин. Ряд исследователей Забайкалья (Филатов, Новопокровский, Крашенинников) подметили одну характерную черту местного рельефа—существующую во многих случаях резкую асимметрию долин, в особенности имеющих широтное направление. Эта асимметрия местных долин находится в ясной связи с той или иной экспозицией склонов, той или иной величиной инсоляции.

За отсутствием в Забайкалье снега большую роль в размыве долин играют частые летние проливные дожди. В широтных долинах мерзлота приходится главным образом на днища и склоны, обращенные к северу. По мере углубления широтной долины на склонах, обращенных к северу, горизонт вечной мерзлоты поднимается все выше и выше, а параллельно этому увеличиваются и площади пологих северных склонов. Таким образом, обращенные на север склоны широтных долин, как броней, одеты ледяной кольчужой вечной мерзлоты, покров которой задерживает эрозию.

На склонах же, обращенных на юг, горячее солнце, бьющее летом своими лучами в упор крутого ската, уже с весны растаивает мерзлоту, понижая ее на значительную глубину; поэтому эрозионные потоки ее всей мощью обрушиваются на южные склоны, придавая им все большую и большую крутизну.

В долинах меридионального направления форма склонов сохраняется в профиле симметрическая и наблюдается более равномерное распределение на обоих склонах верхнего горизонта мерзлоты. Если на одном из склонов меридиональной долины мерзлота опускается ниже, то это обычно соответствует участку, обращенному к востоку, т. е. менее солнечному, чем противоположный склон западной экспозиции; в этом случае нередко замечается некоторая асимметрия долины; причем склон, обращенный к западу, как более нагреваемый, бывает круче, чем противоположный.

Далее выступает еще следующее топографическое явление в связи с вечной мерзлотой.

От зимних морозов появляются на земле трещины, которые образуют густую сеть в виде довольно правильных фигур. По сообщению В. П. Ногина<sup>1</sup>, зимой, когда мерзлая земля начинает трескаться, в воздухе раздаются глухие удары, иногда напоминающие отдаленные выстрелы из пушки. Присматриваясь летом на поверхность почвы, нетрудно заметить различные возрасты этих трещин, так как вода, попадающая в них весной и осенью и замерзающая зимой, постепенно их увеличивает.

При совместной продолжительной деятельности морозов и воды правильные трещины в земле обуславливают характерные особенности рельефа речных пойм многих рек б. Якутской области, как р. Яма и др., а именно сухие грядки с поросшим лесом чередуются с небольшими дугообразными впадинами в несколько метров шириной, покрытые водой или заболотившиеся. Многочисленные серпы грядок и впадин расположены в речной долине амфитеатром, в некоторых местах они идут параллельно вдоль речного фарватера правильными дугами или петлями.

Правильность этих дуг напоминает ту правильность трещины, с которой мороз бороздил вечную почвенную мерзлоту.

В местностях с малоразвитым рельефом вечная мерзлота залегает на незначительной глубине и создаются благоприятные условия для заболачивания. Вероятно, присутствию этой мерзлоты обязаны обширные пространства болот в б. Амурской области, так называемые «мари». По Никифорову, сфагновые болота составляют во многих местах Амурской области как бы общий фон почвенного покрова, на котором, в виде разной величины островов, приподнимаются по увалам и сопкам площади иных почвенных образований. Эти болота занимают сплошь все низины и пологие увалы между

<sup>1</sup> В. П. Ногин. На полюсе холода, 2-е изд., М., 1923, стр. 67 и 88.

отдельными вершинами, растягиваясь часто на несколько километров в ширину, забираются на значительную высоту по склонам, нередко довольно крутым, заходят на водоразделы. Так, ими, между прочим, в значительной мере одет и Становой хребет; лишь более крутые южные склоны главного хребта свободны от них, но уже пологая седловина, затем более пологие северные склоны, а равно и увалы отдельных вершин, поднимающихся вдоль седловин, являются весьма сильно заболоченными. Низины и увалы сплошь покрыты мохнатыми коврами бесконечных болот, занимающих минимум 60—70% всего пространства района.

Неизменный спутник сфагновых болот—высокое залегание мерзлоты почвы (на глубине уже 20—25 см).

Болота отличаются обилием воды благодаря присутствию мерзлоты, как водонепроницаемой подстилки, на которой скопляются все атмосферные осадки. Мерзлота же предохраняет грунт от более глубокого размывания.

В большинстве случаев древесная растительность отсутствует на сфагновых болотах; лишь лиственница изредка попадает, иногда группами, чаще же единично то там, то сям, преимущественно по берегам ключей и на отдельных буграх, часто чахлая, покосившаяся в разные стороны, с почти обнаженными корнями. Еще чаще лиственницы стоят в виде сухостой. Лишь на «марях» более недавнего происхождения растут заболотившиеся лесонасаждения крупномерных деревьев в стадии задушения, отмирания.

Вечная мерзлота, как физико-географический фактор, не остается без влияния, помимо заболачивания, и на остальную лесную растительность.

При высоко поднимающемся горизонте мерзлоты лесная растительность или совсем отсутствует, или растут только те древесные породы, как даурская лиственница и ель, характерной особенностью которых является поверхностное развитие корневой системы. Да если глубина залегания мерзлого слоя позволяет произрастать и другим древесным породам, то все-таки мерзлота оказывает большое влияние на расположение в почве корневого аппарата деревьев; все корни деревьев находятся в поверхностном слое почвы и широко распространяются в горизонтальном направлении. Благодаря такому строению корневой системы деревья весной довольно рано выходят из сферы действия низких температур, сопровождающих мерзлоту, и, следовательно, корни их рано могут проявить свою жизнедеятельность.

Но поверхностное расположение корней не может сообщить большую устойчивость дереву, поэтому деревья в тайге при сильном ветре валятся массово.

По сообщению В. Б. Ш о с т а к о в и ч а («Вечная мерзлота». «Природа», 1912, май—июнь), при постройке Забайкальской и Амурской железных дорог строителям пришлось, вследствие мерзлоты, встретить много трудностей, совершенно неожиданных и неведомых при сооружениях дорог, там, где нет вечной мерзлоты. Прежде всего был затруднен вопрос о водоснабжении в зимнее время. Отсутствие зимой проточной воды даже в омутах рек, промерзающих до дна, заставило прибегнуть к артезианским скважинам и к особым водосборным галереям.

Надо было еще защитить добытую воду от замерзания, пока она шла по водопроводам, для чего пришлось устраивать обогреваемые водопроводы и по обеим сторонам водопроводной трубы пришлось располагать две трубы, через которые пропускаться водяной пар из особого котла.

Иногда для добывания воды зимой приходилось ставить ледотаялки, к которым лед с реки привозился на санях.

Вторым, очень существенным затруднением оказалась неравномерная осадка почвы под большими зданиями, построенными на вечной мерзлоте, вследствие чего являлись угрожающие зданиям трещины в стенах.

Затем большое затруднение представляют также выемки в вечномерзлых слоях, особенно в почвах, богатых водой и превращающихся при таянии весной в плавун. Приходилось строить предохранительные кюветы, облицо-

вывать скаты и все-таки постоянно бороться с оползнями в железнодорожных выемках.

Далее, большие затруднения доставляли и наледи, образующиеся в сухих долинах. Не раз зимой грунтовая вода выступала под бараками и разными другими постройками, заливала их и замерзала в них.

Все вышеуказанные гидрологические и физико-географические явления в области вечной мерзлоты имеются не только в этой области, но также и за пределами ее, всюду кругом нас.

Мы наблюдаем эти явления в малом масштабе, и порой для объяснения их нам необходимо знакомство с вечной мерзлотой и ее процессами:

1) В зимы малоснежные и холодные мы находимся временно (на 5—6 мес.) в условиях почвенной мерзлоты. При этом:

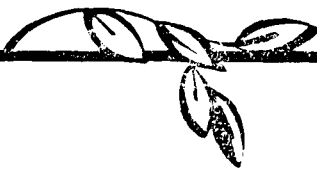
а) на реках больших и малых появляются наледи;

б) на склонах у места выхода родников или грунтовых вод образуется ледяная корка, аналогичная ледяным полям Якутской области (наблюдения над ключом в 3 кв. около плотины);

в) в такие зимы на озерах, прудах, болотах и других водоемах появляются вспучивания ледяного покрова под влиянием гидростатического давления из-за вытека за зиму в водоем родниковой воды (случай на Оленьем болоте при постановке рейки в 1905 г.).

2) Вспучивание сфагновых болот в северной и средней части СССР, придающее им в центре болота округлую форму, представляет всем известное явление. Это явление, несомненно, связано зимой с образованием ледяных линз в толще центральной части сфагнового болота.

3) Вспучивание почвы на склонах полевых угодий происходит летом под влиянием давления грунтовых вод. Это явление было исследовано в б. имени Батьки Шацкого уезда б. Тамбовской губернии и лабораторно испытано А. Н. Костяковым в его отчете о летней практике: «Имение Батьки, естественноисторический очерк и основания мелиорации почв имения», с 27 рис., 4 диаграммами и 2 профилями. М., 1912 г. Из «Известий Московского сельскохозяйственного института» за 1912 г.



## XVII. РОСТ НАСАЖДЕНИЯ В ВЫСОТУ



Рост насаждения в высоту зависит от развития отдельных деревьев, его составляющих. Поэтому сначала остановимся на росте в высоту дерева. Деревья ежегодно удлиняются вследствие своего верхушечного роста надбавкой новых побегов как на главной оси, так и на концах боковых ветвей кроны. Каждый появляющийся из почки побег развивается благодаря образованию и удлинению тканей, расположенных на его верхнем конце—в точке роста.

Жизнеспособную верхушечную почку образуют сравнительно немногие породы: хвойные, клен, дуб, бук и некоторые другие; у многих же пород (береза, осина, вяз, липа, граб, ива и т. д.) конец вершинного побега перестает расти, и дальнейшее удлинение растения происходит благодаря росту нижележащей боковой почки.

Прекращение роста вершинного побега на главной оси объясняется конкуренцией верхних листьев с верхушкой побега в их борьбе за воду, а также конкуренцией из-за воды верхней боковой почки с верхушечной. Если своевременно удалить боковую почку, например у липы, то можно вызвать дальнейшее развитие верхушечной почки.

Эта замена главного побега боковым накладывает особый отпечаток на габитус тех древесных растений, у которых боковые почки расположены парами, супротивно (клены, сирень, бузина, слабительная крушина); у них зачастую обе боковые почки развиваются одновременно и получается видообразное разветвление.

Замена главного побега дополнительным побегом из боковой почки бывает также и у хвойных, в случае гибели главного побега или его конечной почки насильственным путем (поедание насекомым, отламывание ветром и птицами и откусывание животными).

Затем у пород, свойственных более южным областям (шелковица, робиния и т. д.), при произрастании их в северных широтах происходит отмирание концов верхушечных побегов вследствие осенних заморозков, до наступления которых побег еще не успевает одревенеть, поспеть.

Наоборот, у пород, свойственных северным областям (ель, пихта) при произрастании их в более теплом климате (в особенности в местоположениях, не защищенных от ветра и поверхностного стока холодного воздуха) нередко происходит отмирание более или менее значительной части главного побега по причине весенних заморозков, при этом на части побега, оставшейся неповрежденной, в данном году лишь сформировывается боковая

почка, которая распускается только лишь в следующем году, продолжая собой, с искривлением, побитый утренником прошлогодний побег; повреждение морозом при этом надолго оставляет следы на стволах елей и пихт образованием короткого побега, который определяет собой длину той части (шишкой) верхинного побега, которая уцелела от утренника.

При сильных же весенних заморозках, бывающих в иные годы, молодой, сочный побег побивается весь, причем в основании его образуется за данное лето новая почка, которая распускается лишь в следующем году; в этом случае на стволе происходит полный выпад годичного побега данного года.

В Петровской лесной даче в низменных местоположениях (4 кв. и др.), часто посещаемых весенними утренниками, на всех 50-летних елях не хватает по 2—3 годичных побега за годы со злыми утренниками; к таким годам здесь принадлежат: 1876, 1899, 1900 и (на многих елях) 1910 год.

У хвойных деревьев замена главного побега боковым сопровождается коленчатым искривлением ствола на месте этой замены и укороченной длиной побегов, заменивших собой главные побеги.

Распускание побега из почки начинается раньше всего (иногда в первую неделю апреля) у лиственницы, березы и остролистного клена и позднее всего у ели, затем у пихты и кедра. Можно отметить две формы обыкновенного дуба, встречающиеся как в Европейской части СССР, так и в Западной Европе: ранний дуб (*Q. pedunc. var. praecox*) и редко встречающийся поздний дуб (*Q. ped. var. tardiflora Czern.*), у которого почки распускаются на 2—3 недели позднее, чем у первой формы. Такие же две формы наблюдаются и на обыкновенной ели.

Ход роста главного побега в продолжение вегетационного периода отнюдь не равномерный.

Весной, по распускании из почки, прирост побега сперва незначительный, затем постепенно он увеличивается, достигает в течение 1—1,5 недели максимума (что бывает иногда в первую половину, преимущественно же во вторую половину мая), а после того удлинение побега постепенно замедляется.

От этого нормального хода приращения побега бывают отступления, вызываемые колебаниями погоды, в особенности понижениями температуры воздуха.

В средних широтах состояние погоды за вторую половину мая имеет решающее значение для роста в высоту многих древесных пород; погода же за первую половину июня для большинства наших лесных пород уже не представляет большого значения в этом отношении.

Для пород же южного происхождения, выращиваемых в более северных местностях, может иметь значение погода июля, а для некоторых из них — и погода августа или даже сентября.

Указанный ход приращения побега графически запечатлевается на нем длиной междоузлий, то есть промежутков между соседними почками (листьями), сидящими на побеге: у основания побега междоузлия короткие; затем длина их увеличивается, примерно посередине побега она достигает максимальной величины, а по мере приближения к окончанию побега междоузлия постепенно укорачиваются, причем нередко (например, у дуба) на самом конце побега бывает скопление почек (листьев).

Время окончания роста в высоту дерева в течение вегетационного периода связано с формированием конечной почки, которая представляет собой не что иное, как зачаток побега следующего года, почти всегда хорошо покрытый для защиты от холода и испарения несколькими чешуями, то есть метаморфозированными листьями данного года.

Однако у некоторых пород (дуб, бук, в средних широтах иногда липа и ель) в конце июня или в начале июля сформировавшаяся почка часто распускается немедленно и образует второй так называемый июньский

или иванов побег, приурочиваемый к «иванову дню» (24 июня—1 июля); этот побег заканчивает свой рост за первую неделю августа; он, как у бука, обычно бывает короче майского.

В б. Донской области и других южных местностях СССР у дуба в течение вегетационного периода, как общее правило, образуются три побега: первый появляется с пробуждением жизнедеятельности весной и часто повреждается весенними утренниками, второй развивается в конце июня и третий побег образуется в августе, причем августовский побег бывает весьма значительным в те годы, когда в июле выпадает много осадков. В южных уездах б. Воронежской губернии нередко на сосне образуется за сезон два верхних побега, чего никогда не случается в более северных широтах.

Это явление, носящее в ботанике название пролепсии, то есть укороченного или преждевременного развития, встречается обычно при повреждении почек насекомыми и чаще всего растительными паразитами, обуславливая в последнем случае образование на различных деревьях и кустарниках так называемых «ведьминых метел»; так, на березе—от *Ectosacus turgidus* и *E. betulinus*, на белой ольхе—от *F. borealis*, на европейской пихте—от *Aecidium elatinum* и т. д.; на метле европейской пихты за вегетационный период почки образуются и дают укороченные побеги втроекратно и даже пятикратно.

Не считаясь с явлением пролепсии, время окончания роста в высоту для разных пород приходится в различные сроки вегетационного периода. Так, у бука, дуба (*Q. ped.* и *Q. sessil.*), а также у обыкновенного боярышника (*Sr. oxycantha*) рост заканчивается вскоре после формирования листьев—во второй половине мая; у осины, явора, полевого клена, черемухи и козлейки—в первой половине июня; у сосны, ели, пихты, ильмовых, ясеня, веймутовой сосны и рябины—во второй половине июня; у липы, вишни, иногда ели—в первой половине июля; у ольхи черной и белой, туи, слабительной крушины—во второй половине июля; у остролистного клена и лиственницы—в первой половине августа.

Дугласовая пихта, японская лиственница и другие иноземные породы южного происхождения заканчивают свой рост позднее всего, к концу августа или даже в сентябре, чаще же всего неодревенелые побеги у этих пород побиваются первыми осенними утренниками.

По наблюдениям Визнера, у всех пород на ветвях затененных рост заканчивается формированием почки раньше, чем на ветвях световых; то же самое относится и к целым растениям затененным (как подрост) и световым (т. е. растущим на свету); поэтому же за время сезона отенение кроны, усиливающееся вследствие густоты облиствения, может ускорять время окончания роста побегов на дереве.

Затем большую роль в этом отношении играет и качество почвы, обуславливая для одной и той же породы разницу в четыре и даже пять недель; так, на песчаной почве большинство пород заканчивают свой рост в высоту на 4—5 недель раньше, чем на суглинке.

Немалое значение имеет также и местопроисхождение семян, в частности это констатировано на сосне и ели. Чем севернее местопроисхождение сосны, тем раньше у нее заканчивается рост в высоту, причем разница простирается до двух-трех недель; подобная же разница существует и у ели.

То же явление наблюдается и при выращивании в долинах древесных растений и семян, собранных на горах на значительной высоте над уровнем моря.

Границы между годовыми побегами характеризуются следующим рядом признаков:

а) Следы почвенных чешуй, образующие кольцеобразные рубцы с валиком. Благодаря наплывам здесь коры эта гравировка на многих гладкокорых породах, например ель, пихта, бук, конский каштан, осина, клен и отчасти дуб, сохраняется по прошествии целого ряда лет или даже десяти-

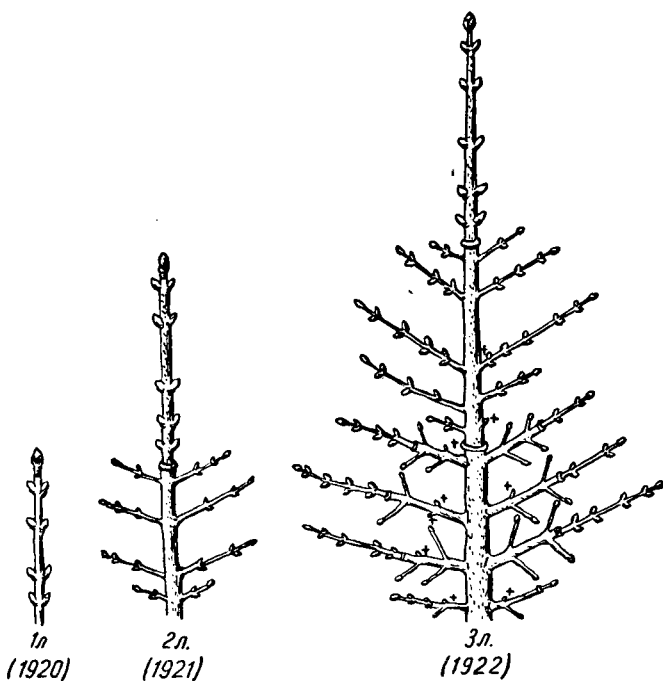


Рис. 57.

тилетий, так, у ели и пихты до 60—70 лет; менее заметными эти следы становятся с годами у березы и липы, где они теряются вследствие утолщения дерева и изменения наружной коры—бересты и дуба.

б) Внешняя архитектура ветви позволяет легко различать годовые побеги последних пяти-восьми лет (рис. 57).

в) Скученное листо- и почкорасположение у основания побега данного года и на конце побега предшествовавшего года.

г) Изменение окраски коры.

д) Нарастание корки, пробковой ткани, появление лишайев и т. д.

Длина годовых побегов на стволе колеблется в весьма больших размерах, от нескольких сантиметров до 1 м и более, в зависимости от метеорологических условий и, значит, климата, от качества почвы, от древесной породы, от возраста растения и от биосоциального фактора (т. е. степени сомкнутости насаждения). Абсолютная же длина ежегодно прибавляющегося конечного побега определяет степень быстроты роста дерева в высоту.

Метеорологические условия среды представляют в этом отношении весьма важное значение, обуславливая огромную разницу в длине главного побега на стволе за отдельные годы.

Для выяснения значения этих условий и оценки отдельных метеорологических элементов остановимся ближе на процессе роста древесного растения.

Побеги растут благодаря как увеличению числа клеток, так и удлинению их.

Процесс роста. Живая клетка растительного стебля состоит из протоплазмы с ядром, прилегающей к целлюлозной оболочке, с внутренней полостью (вакуолью), которая наполнена клеточным соком, состоящим из водного раствора разных органических веществ минеральных солей.

В вакуоль клетки осмотически проникает вода; это увеличение объема клеточного сока оказывает давление на клеточную оболочку и заставляет ее растягиваться; вследствие упругости растягивающейся стенки оболочка



происходит обратное давление на клеточный сок, и это состояние взаимного напряжения называется набуханием, тургором клетки.

Одновременно с растяжением клеточной оболочки протоплазма на своей наружной поверхности, прилегающей к оболочке, выделяет новые количества клетчатки (путем распада протоплазмы из нее выделяется клетчатка, а с другой стороны, вещества, растворяющиеся в клеточном соке). Выделяемая протоплазмой клетчатка внедряется и отвердевает между элементами слоя оболочки, раздвинутыми тургором дальше обыкновенного состояния сцепления.

Следовательно, тургор клеток и требуемая для него наличность воды есть одно из необходимейших условий роста.

Если увеличение давления сока на оболочку клетки будет чем-нибудь задержано, если, например, клетка, по мере всасывания воды, будет тратить ее на испарение, тогда образующаяся из протоплазмы клетчатка откладывается на внутренней стороне нераздающей оболочки, вызывая ее утолщение. Таким образом, задержка роста стебля сопровождается утолщением стенок клеток, образующих ткани.

Помимо тургора клеток и наличности необходимой для него воды, другое столь же важное условие для роста и размножения клеток составляет теплота. Без тепла нет роста! Теплота, заставляя расширяться клеточный сок, увеличивает тургор, а в живой протоплазме вызывает молекулярные движения; она необходима и для превращения жидких строительных материалов в твердые организованные вещества, внедряющиеся в растянутые клеточные оболочки или, при слабом тургоре, откладывающиеся слоями на внутренней стороне оболочки.

Теплота поэтому ускоряет рост стебля в высоту; при более высокой температуре воздуха этот рост ускоряется, в присутствии, конечно, достаточного количества воды; с понижением температуры рост замедляется. При очень низких и высоких температурах рост прекращается; для самого успешного роста необходима оптимальная температура, свойственная каждому виду растения; также неодинакова для различных видов как минимальная температура, так и максимальная температура, при которой рост прекращается.

Поэтому с приближением осени надземный рост всех видов растений одного за другим, постепенно замедляясь, наконец, совершенно останавливается до следующей весны. В теплые солнечные дни весной все растет с удивительной быстротой, а в прохладные дни рост ничтожен; если же температура опустится низко (например, при весенних утренниках), то рост совершенно останавливается.

При одностороннем нагревании стебля могут возникать явления, обратные гелиотропизму; так как теплота ускоряет рост, то нагретая сторона стебля будет расти быстрее, чем противоположная, и стебель будет уклоняться от источника тепла (это—явление термотропизма).

Свет—важнейший фактор образования органического вещества из минеральных соединений ( $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ) и, значит, поставщик строительного материала, необходимого для роста. Вместе с тем признается, что у светолюбивых древесных растений свет задерживает рост стебля в высоту. Это действие его, вероятно, зависит от того, что под влиянием света растение сильнее испаряет воду, вследствие чего давление сока на клеточную оболочку, вызывающее рост, не достигает такого напряжения, как при избытке воды, в тени или темноте.

Способностью задерживать рост обладают все лучи спектра, за исключением желтых; наибольшей задерживающей силой обладают фиолетовые лучи, а затем отчасти красные; желтые же лучи совсем не задерживают роста.

Общеизвестный факт, что у затененных растений в стебле клетки бывают длиннее и значительно тоньше, чем у растений, выросших при полном освещении.

Следовательно, строго говоря, свет, поставляющий строительный материал, изменяет только направление роста: стенки клеток вместо того, чтобы разрастаться в длину, утолщаются. Отсюда—склонение стволов в густом жердняке и полегание соломи густо засеянного хлеба.

При одностороннем освещении растения свет замедляет рост в длину той стороны стебля, которая обращена к солнцу, поэтому стебель наклоняется к солнцу (это положительный гелиотропизм), так как на освещенной стороне стебля испарение воды сильнее, и клетки мало удлиняются, но зато стенки их утолщаются. Поэтому опушечные деревья насаждения, пользующиеся освещением с юга, бывают ниже деревьев, что внутри насаждения, и стволы их наклонены к югу.

Положительный гелиотропизм—явление очень распространенное в растительном царстве, но бывает также и отрицательный гелиотропизм, когда стебель растения отклоняется от света.

Солнечный луч действует на растение и как свет, и как теплота; отсюда понятно, что в одном случае может брать верх световое его действие и стебель будет наклоняться к солнцу (положительный гелиотропизм), а в другом—тепловое действие и стебель будут отклоняться от света (отрицательный гелиотропизм).

Влажность воздуха усиливает рост стебля в высоту. Это понятно: раз меньше испарение воды из клетки, то является большее давление клеточного сока на стенки клеточной оболочки, и клетки растягиваются. Но атмосфера, насыщенная водяными парами, сильно ослабляет испарение воды листьями и, следовательно, задерживает до известной степени поступление в растение новых количеств воды.

Ветер, оказывая механическое действие на стебель, усиливает испарение тканей и потому задерживает рост их в длину, но зато обуславливает утолщение клеточных стенок. Английский ученый Н а й т еще в начале XIX в. показал, что движение древесных стволов, вызываемое ветром, способствует образованию толстостенных волокон.

Химические и физические свойства клеточной оболочки могут изменяться и делать ее более или менее упругой или, наоборот, более или менее растяжимой, а следовательно, также могут играть роль в явлениях роста. Доказано существование особого фермента, размягчающего клетчатку стенок; местное образование такого фермента может влиять на направление роста клеток и стебля.

Неодинаковая степень роста в высоту различных древесных пород, несомненно, связана с особенностями химико-физических свойств их клеточных оболочек и с различиями содержания растворенных в клеточном соке веществ, обуславливающих тот или иной размер тургора.

Ввиду вышеизложенных общих оснований физиологического процесса роста растений понятным является указанная выше неравномерность хода роста побега за вегетационный период, связанная с постепенным увеличением весенней теплоты воздуха<sup>1</sup> и с последующей убылью содержания влаги в растениях после момента наиболее благоприятного сочетания тепла и влаги, когда образуется максимум приращения побега. Вместе с тем понятно, что для хорошего роста в длину дерева важнейшими среди метеорологических условий являются: 1) большая продолжительность вегетационного периода (под Москвой он обнимает в среднем 211 дней в году), 2) оптимальная или близкая к ней средняя температура воздуха в течение 2,5—3 первых меся-

<sup>1</sup> В Петровско-Разумовском, по средним суточным температурам за 33 года, обработанным В. А. Власовым, в нормальном годовом ходе температуры воздуха с 6 апреля средняя суточная температура воздуха становится выше 0°, а именно 0,5°; 1 мая эта температура достигает 9,4°, 31 мая поднимается до 15,0°, 23 июня (день летнего солнцезворота) она равняется 17,2°, 1 июля 17,6°; 16 июля является днем с наивысшей средней суточной температурой, достигающей 19,3°. (Материалы по климатологии Московской губернии, т. 1. В. А. В л а с о в. Очерк климата Московской губернии, М., 1914, 244 стр.).

цев вегетационного периода, 3) достаточное и возможно равномерно распределенное во время количество атмосферных осадков за это время; сверх того, за эти же месяцы еще необходимы, 4) возможно большая продолжительность солнечного сияния, 5) влажность воздуха и 6) возможно безветренная погода.

При совместном сочетании этих шести условий за первые 2,5—3 месяца вегетационного периода, почти невозможном на самом деле в природе, абсолютная длина главного побега в дереве должна быть весьма значительной.

В действительности же отдельные годы в этом отношении представляют между собой большие различия и пестрые отклонения от нормального хода метеорологических явлений, и в результате этого оказывается значительная разница в длине годовых побегов на древесном стволе—разница, достигающая 25—30% и даже 40—50% между годами, следующими один за другим.

Так, бывают годы, характеризующиеся холодной весной, или со скудными осадками (за весну и предшествовавшую зиму), или с низкой относительной влажностью воздуха, или с частыми юго-восточными ветрами, или с другими подобными особенностями, которые вызывают на деревьях очень короткие главные побеги. В отношении атмосферных осадков должно быть еще принято во внимание то обстоятельство, что, вследствие медленности как просачивания воды в почву, так и движения восходящего тока в древесном стволе, требуется для поступления влаги из почвы на значительную высоту дерева (до 25 м) затрата времени, простирающаяся около одного месяца. Если осень стоит дождливая, то избыток влаги в деревьях играет роль запаса.

В общем дерево, как физический инструмент, представляет собой самописец погоды, регистрирующий как благоприятные, так и неблагоприятные условия жизни растения, и погодный ход роста дерева в высоту является прекрасной фитограммой погоды за вегетационный период, требующей внимательной дешифровки.

Хорошей иллюстрацией указанной зависимости роста в высоту от метеорологических условий могут служить представленные на модели данные о погодной средней длине главного побега у сосны 46-летнего возраста, выращенной из семян германского происхождения, на пробе Э 4 кв. Академической дачи. По измерению 46 экз. господствующих деревьев (I, II и III классов, по Крафту) и 24 экз. угнетенных (IV кл.) средняя длина верхнего побега сосны составляла (см):

Год	Господствующие	Угнетенные	Год	Господствующие	Угнетенные	Год	Господствующие	Угнетенные
1870	20	—	1884	58	56	1898	42	43
1871	15	—	1885	55	56	1899	41	38
1872	15	—	1886	58	57	1900	46	40
1873	20	—	1887	59	54	1901	48	43
1874	46	—	1888	57	54	1902	47	42
1875	49	43	1889	48	49	1903	33	31
1876	51	44	1890	45	48	1904	34	29
1877	61	54	1891	45	41	1905	33	31
1878	58	57	1892	38	38	1906	40	34
1879	65	61	1893	38	37	1907	44	40
1880	64	65	1894	48	39	1908	35	33
1881	61	62	1895	48	43	1909	35	28
1882	57	54	1896	56	50	—	—	—
1883	58	55	1897	53	49	—	—	—

Кульминация роста в высоту господствующей сосны пришлось в 16-летнем возрасте (в 1879 г.), причем средняя длина верхнего побега со-

ставила 65 см, абсолютный максимум достигал 80 см, минимум же равнялся 47 см; на угнетенных соснах эта кульминация наступила одним годом позднее (в 1880 г.), при средней длине вершинного побега тоже в 65 см.

После сильной депрессии прироста, охватывавшей период с 1889 по 1893 г., наступила вторичная кульминация роста в 1896 г., при средней длине побега 56 см.

Влияние метеорологических факторов на рост сосны видно весьма отчетливо. Недостаток тепла в 1878 г. оставил след на приросте молодой культуры; не прошла бесследно и весенняя засуха 1885 г., когда испарение превышало осадки: за май—81 против 43 мм, т. е. почти в 1,9, за июнь—61 против 38 и за июль—120 против 27 мм, то есть в 4,5 раза. В 1889 г. произошло значительное укорочение побега вследствие чрезвычайной засухи в мае и июне, когда испарение превышало осадки: за май—87 против 17 мм и за июнь—71 против 54 мм. Далее, 4-месячная засуха (апрель—июль), бывшая подряд два следующих года (1890 и 1891), сопровождалась дальнейшим сокращением длины побега. 1892 год по чрезвычайности засухи и жары весенней и летней был самым выдающимся годом за все предшествующее сорокалетие, испарение превысило осадки как за год (425 против 375 мм), так и особенно за май (85 против 36), июнь (82 против 28), август (62 против 29) и сентябрь (45 против 26); в результате побег сосны за этот год пал чрезвычайно сильно (до 38 см), составив лишь 77% длины побега предшествовавшего года. Такой же короткий побег образовался и в следующем, 1893 г., отличавшемся засушливым маем. Затем, несмотря на необычайную сушь весной 1895 г., когда майское испарение было 81 против 3 мм осадков, побег этого года удержался на прошлогоднем уровне благодаря тому, что имелся запас влаги от весьма дождливой осени 1894 г. Лето 1897 г., отличавшееся исключительной жарой и засухой наряду со скудостью осадков (всего 84 против нормы в 205 мм), вызвало сокращение длины побега против предшествовавшего года; в связи с этой засухой последовало в 1898 г. падение уровня грунтовых вод, которое в свою очередь причинило в этом году весьма сильное укорочение побега в сосновом жердняке. Почти такой же длины побег 1899 г. объясняется недостатком тепла весной и в июне этого года. Засуха майская и июньская 1903 г. оставила на сосне глубокий отпечаток падением прироста (до 33 см), почти такие же короткие побеги образовались и в следующие два года из-за холодной пасмурной и дождливой погоды весной и в начале лета в 1904 и 1905 гг. Наконец, подобный же недостаток тепла и солнечного сияния весной 1908 и 1909 гг. был причиной заметного сокращения побега за эти два года. В заключение можно заметить, что так как эта сосна выращена из семян южного происхождения, то на ней наблюдается весьма часто смена вершинного побега боковым, сопровождающаяся искривлением ствола; наибольшее число случаев такой смены, по сделанным учетам, имело место в 1878 г., затем в 1894, 1896 и 1899 гг.

Следующий пример иллюстрирует рассматриваемое соотношение за более раннее время на сосне местного происхождения, возобновившейся естественным путем на супесчаной почве, при залегании грунтовой воды до 4,5 м.

По измерению в чистом, сомкнутом сосновом насаждении на пробе В 9 кв. Академической дачи 37 экз. угнетенных сосен 57-летнего возраста средняя длина главного побега оказалась следующая (см. таблицу на стр. 392).

Кульминация роста в высоту местной сосны была в 20-летнем возрасте (в 1865 г.).

Падение прироста в 1856 г. и особенно сильное в 1857 г. объясняется скудостью весенних осадков за эти годы (по данным обсерватории б. Межевого института в Москве, за весну 1856 г. выпало осадков всего 90 мм и за весну 1857 г. лишь 76 мм против многолетней средней нормы весенних осадков 114 мм). В 1870 г. недостаток весеннего тепла и холодное лето вызвали

Год	См	Год	См	Год	См	Год	См
1848	10	1862	46	1876	43	1890	29
1849	15	1863	49	1877	44	1891	25
1850	17	1864	52	1878	45	1892	20
1851	24	1865	57	1879	47	1893	25
1852	31	1866	54	1880	47	1894	30
1853	36	1867	53	1881	45	1895	31
1854	45	1868	50	1882	36	1896	32
1855	46	1869	50	1883	33	1897	32
1856	42	1870	42	1884	36	1898	25
1857	35	1871	45	1885	37	1899	26
1858	38	1872	44	1886	48	1900	24
1859	49	1873	49	1887	41	1901	23
1860	49	1874	46	1888	40	1902	18
1861	53	1875	46	1889	31	—	—

значительное сокращение длины побега, упавшего на 16% против предшествовавшего года. Огромное падение прироста в 1882 г., усилившееся еще более в 1883 г., объясняется стечением тяжелых метеорологических условий 1881 и 1882 гг.

Сильная весенняя засуха и крайний недостаток осадков 1881 г., характеризующий этот год как исключительный в длинном ряде лет (за год выпало всего 409 мм против многолетней средней нормы в 535 мм), обусловливали большое падение грунтовых вод в следующем, 1882 г., который в свою очередь при жаркой и сухой весне был очень беден осадками (выпало всего 435 мм), причем зимой 1881/82 г. оттепелями согнало так много снега, что в январе на полях почва с отавой обнажилась, лето же и особенно осень 1882 г. были засушливы, ключи и речки высохли, и грунтовые воды поэтому пали в 1883 г. необычайно низко, что и вызвало дальнейшее сокращение длины побега сосны в этот год (до 33 см). Таким образом, короткий побег 1883 г. у сосны в 38-летнем ее возрасте наглядно свидетельствует, что рассматриваемый сосняк питается не только атмосферными осадками, но также и грунтовыми водами.

Сильное падение высотного прироста сосны в 1891 и 1892 гг. (до 20 см), обусловленное четырехмесячной засухой этих лет, напоминает нам о бывших в эти годы неурожаях хлебов и ужасном голоде в Европейской России.

В отношении древесных пород, как дуб, сосна и др., приносящих обильные урожаи плодов не каждый год, а периодически, т. е. через определенный ряд лет, надо заметить, что так как образование цветов и плодов требует затраты большого количества пластических веществ, то вполне понятно, что в годы с обильным урожаем плодов деревьев, за израсходованием пластических веществ на плодоношение, дают сравнительно короткие побеги и ограниченный текущий прирост древесины, хотя метеорологические условия и были бы вполне благоприятны для роста.

Говорит равным образом и короткий побег 1898 г. (25 см) после исключительной по размерам засухи 1897 г., вызвавшей в 1898 г., как уже выше сказано, огромное падение уровня грунтовых вод к 53-летнему возрасту сосняка.

Несомненно, что сильное падение этого уровня произошло также и в 1857 г., когда сосне было лишь 12 лет.

Климат, как среднее состояние разных метеорологических явлений в данном районе, накладывает глубокий отпечаток на росте в высоту древесных растений, в особенности там, где он отличается недостатком тепла или скудостью влаги, так как теплота и влага—два важнейших фактора роста древесных растений.

Так, вследствие слишком низкой температуры воздуха, а также и кратковременности вегетационного периода в полярных странах и на высоких горах рост в высоту настолько ничтожный, что деревья старого возраста бывают очень низкорослы, карликовой формы или даже стелются по земле. Подобной же низкорослостью обладает древесная растительность, обитающая и при постоянной скудости влаги, хотя бы при наличности достаточной теплоты, — в пустыне.

С повышением средней температуры воздуха, по мере движения с севера на юг, увеличивается быстрота роста стебля в высоту, пока не достигнет известного оптимума тепла, свойственного данному виду. За переходом этого предела, с дальнейшим возрастанием средней температуры воздуха часто связывается засушливость среды, в высшей степени задерживающая рост древесных растений в высоту. Поэтому в тропических странах высокая температура в связи с засухой обуславливает иногда также образование карликовых деревьев.

Ввиду большой приспособленности к определенному климату, выработавшаяся у растений тысячелетиями степень роста, как и другие биологические свойства, передаются наследственно, и получают так называемые «климатические» расы. В силу этой наследственности сосна, ель или иная порода, выращенная из семян северного происхождения (например, б. Архангельской губернии) в иной климатической области (например, в б. Московской губернии), резко выделяется всем ходом своего развития, в том числе отличается своими короткими годовыми побегам и общей низкорослостью по сравнению с той же породой местного происхождения. То же самое относится и к расам южного происхождения или иной климатической области, выращиваемым в непривычном для них климате.

В этом отношении высокий научный и практический интерес представляют имеющиеся в лесной даче Академии коллекции насаждений сосновых и еловых, выращенных из семян различного местопроисхождения.

Надо заметить, что перенос в данную область растений иной климатической области происходит и помимо участия человека, путем заноса семян при посредстве ветра — естественный процесс, протекавший в доисторические времена. Благодаря этому спорадически появляются отдельными экземплярами чуждые поселенцы, которые, по достижении ими семенной возмужалости, путем перекрестного опыления с туземным населением образуют гибридные формы, подмеси. Поэтому в каждой данной области под понятием «местная» порода мы в сущности должны подразумевать не местную чисто «климатическую» расу, а популяцию, то есть более или менее значительную помесь пришельцев иной климатической области с нечистыми туземцами.

Так, в лесной даче Академии, благодаря отчасти наличности вышеупомянутой богатой коллекции выращиваемых чужеземцев, подвергнутых специальному исследованию, давно установлено, что в 70—80-летних сосняках естественного происхождения имеются отдельными экземплярами сосны, занесенные семенами с юга-запада, что понятно при преобладании здесь юго-западных ветров, и гораздо реже попадаются сосны северного происхождения.

Для выяснения вопроса о приспособляемости древесных растений к различным климатическим зонам на высоких горах были произведены исследования в Австрии Цислярром и в Швейцарии Флюри и Бадо, при которых растения долинного местопроисхождения выращивались семенами на различных высотах над уровнем моря и, наоборот, растения горного происхождения воспитывались в долине; в результате оказалось, что древесные растения передают наследственно свои биологические свойства, в том числе и степень роста в высоту, выработавшиеся приспособлением к климатическим зонам в вертикальном направлении, так же как это наблюдается у них в широтном направлении.

Что касается почвы, то она имеет столь существенное влияние на рост в высоту, что, как известно, высота деревьев служит характеристикой бонитета почвы. Для всех древесных пород необходима соответственная глубина почвы, хорошая водопроницаемость, достаточное содержание в ней всех потребных для жизни минеральных веществ, в том числе углекислого кальция, определенное содержание почвенной влаги или возможность капиллярной подачи грунтовой воды, и, наконец, хорошая аэрация почвы для дыхания корневых мочек.

Таковы общие требования, предъявляемые лесом к хорошему бонитету почвы, обеспечивающему образование высокоствольных насаждений. При несоответствии же почв тому или иному из этих требований ослабляется рост деревьев в высоту.

На болотистой почве со стоячей водой вследствие недостатка кислорода, необходимого для дыхания корневых мочек, древесная растительность за ничтожностью высотного прироста принимает карликовую форму. По причине слабого роста в высоту получают низкорослые насаждения и на мелких почвах, подстилаемых песчаником, гранитом и тому подобным каменистым грунтом, не позволяющим корням углубляться.

Ввиду огромного потребления лесом воды на транспирацию, большое влияние на рост его в высоту оказывает глубина залегания грунтовых вод, из которых деревья, в случае необходимости, могли бы потреблять нужную влагу.

Так как уровень грунтовых вод в зависимости от засух колеблется лишь в ограниченных пределах—до 0,8 м, между тем корневая система деревьев с каждым годом постоянно стремится углубиться, чтобы захватить все больший и больший объем земли, то глубина залегания грунтовых вод часто оказывается в несоответствии с требованием леса в старшем его возрасте, и отсюда зачастую возникает трагедия в жизни леса. При залегании грунтовых вод на небольшой глубине от дневной поверхности лес, в случае нужды, первоначально пользуется ими; но по мере приближения углубляющейся корневой системы к уровню этих вод рост в высоту леса, вследствие затрудненного дыхания корневых мочек, быстро падает и, наконец, становится почти так же ничтожным, как и на болоте. Для иллюстрации этого явления можно указать на недавно срубленное в Академической даче (уч. 0—1-го кв.) сомкнутое сосновое насаждение с примесью березы в среднем 69-летнего возраста (с колебаниями от 60 до 76 лет), на супесчаной почве с залеганием грунтовой воды на глубине лишь 0,75 м.

По данным измерений 75 экз. сосны, взятых подряд, насаждение характеризуется таким таксационными элементами:

	Возраст сосны (лет)	Диаметр на высоте груди (см)	Высота сосны (м)	Высота до живых сучьев (м)	Длина кроны (м)	Длина кроны (%)	Возраст кроны (лет)	Рациональное видовое число
Минимум . . . .	60	16,4	20,8	11,8	2,7	22	22	0,391
Максимум . . . .	76	39,0	29,85	22,3	11,9	46,2	39	0,489
Среднее . . . . .	69	28,0	25,0	17,2	7,9	31,5	31	0,449
Основное отклонение ( $\alpha$ ) . . . . .	—	5,6	1,36	1,63	1,45	5,6	4	0,023
Коэффициент изменчивости ( $c$ ) . . . . .	—	20,0	5,4	9,7	17,5	17,0	12,4	5,2

Это насаждение, в противоположность своему хорошему развитию в прежние годы, за последнее десятилетие жизни поражало крайней медленностью прироста в высоту, вследствие чего кроны сосен преждевременно стали округляться, приближаясь своей формой к шатрам 90-летних сосновых деревьев.

На срубленных в 1916 г. подряд 20 соснах были произведены измерения хода роста в высоту за все время их жизни по пятилетиям. В результате исследования высотный прирост сосны определен по пятилетиям в следующих цифрах:

Пятилетия	Длина годового побега по пятилетиям (см)			Прирост за 10 лет	
	минимум	максимум	средняя	метры	возраст сосны (лет)
1911—1915	7	27	14	} 1,54	60—70
1906—1910	11	24	17		
1901—1905	22	33	26	} 3,07	50—60
1896—1900	24	47	35		
1891—1895	23	46	32	} 3,65	40—50
1886—1890	26	49	41		
1881—1885	31	57	44	} 4,82	30—40
1876—1880	42	60	53		
1871—1875	47	66	57	} 5,72	20—30
1866—1870	46	69	58		
1861—1865	38	64	57	} 5,05	10—20
1856—1860	21	61	44		

Необычайно сильное (на 50%) падение прироста в высоту всех сосновых деревьев за последнее десятилетие, выражающееся средней длиной главного побега всего лишь в 14 см в год, объясняется, несомненно, близким залеганием грунтовых вод, до которых к 60-летнему возрасту жизни насаждения достигла корневая система сосновых деревьев.

Обращаясь к внутренним свойствам растений, прежде всего нужно сказать, что ход роста в высоту древесных растений подчинен во времени закономерной периодичности: вершинные побеги с первых лет жизни растения постепенно увеличиваются в своей длине, затем достигают в определенном возрасте максимальной величины, а после того они все более и более уменьшаются, составляя в старом возрасте дерева лишь несколько сантиметров. Такая периодичность обнаруживается в жизни всех древесных растений семенного происхождения и носит название закона большого роста или большого периода роста. Кульминация роста в высоту бывает в возрасте дерева от 10 до 50 лет, причем время наступления ее зависит от древесной породы, почвы, климата и условий освещения:

а) у светолюбивых пород она наступает раньше, чем у теневыносливых;

б) на угнетенных экземплярах в насаждении—раньше, чем на господствующих, и тем раньше, чем больше степень угнетения; так, в б. Московской губернии на суглинках у сосны она может быть в 20 лет, или 15 лет, или даже в 10-летнем возрасте;

в) на лучших почвах она наступает раньше, чем на худших—явление, установленное опытными данными лишь в позднейшее время;

г) в северных широтах—позднее, чем в более теплом климате;

д) на высоких горах—позднее, чем в долинах и у подошвы гор.

На отдельных древесных породах рост в высоту кульминирует в следующем возрасте:

у сосны в возрасте 15—35 лет { в б. Воронежской губернии в 15 лет  
в б. Московской губернии в 25 лет  
и на севере — 35 и даже 40 лет

у ели в возрасте 20—50 »

у пихты европейской 20—80 »

у бука 25—45 »

По германским опытными данным, кульминация роста в высоту характеризуется следующими цифрами:



Порода и бонитет	Возраст (лет)	Длина годового побега (см)
<b>СОСНА</b>		
1. В Рейнской равнине почва I класса бонитета . . . . .	20—25	48
» » » » II » » . . . . .	25	47
» » » » III » » . . . . .	30	32
» » » » IV » » . . . . .	25—30	32
2. В Северо-Германской равнине почва I класса бонитета . . . . .	15	52
» » » » II » » . . . . .	20	43
» » » » III » » . . . . .	15	46
» » » » IV » » . . . . .	20—25	32
<b>ЕЛЬ</b>		
1. В Вюртемберге почва I класса бонитета . . . . .	21—29	60
» » » » IV » » . . . . .	29—35	30
2. В Саксонии почва I класса бонитета . . . . .	25—30	46
» » » » IV » » . . . . .	50—55	28
<b>ПИХТА</b>		
1. В Бадене почва I класса бонитета . . . . .	20—25	50
» » » III » » . . . . .	30—40	35
» » » IV » » . . . . .	40—60	24
2. В Вюртемберге почва I класса бонитета . . . . .	50	48
» » » III » » . . . . .	80—85	30
<b>БУК</b>		
1. В Вюртемберге почва I класса бонитета . . . . .	32—42	50
» » » V » » . . . . .	36—45	30

Неблагоприятные метеорологические условия (засухи, утренники и т. п.) приходящиеся на период большого роста, могут до известной степени влиять на время наступления кульминации роста, ускоряя или отсрочивая ее появление или обуславливая два момента кульминации, смотря по длительности и степени вредного их влияния на жизнь растений (см. выше модели и данные роста на пробе Э 4 кв.).

По достижении своего максимума годичный прирост в высоту падает довольно быстро у пород, у которых этот прирост был наиболее сильным вначале (сосна, лиственница), у других пород это падение совершается более медленно. При этом падении, конечно, играют немалую роль водный режим и физико-химические свойства тех более глубоких почвенных горизонтов, в которые проникает корневая система деревьев.

Под конец жизни такой прирост в высоту составляет ничтожную величину (около 3—5 см), на которой он поддерживается продолжительное время, пока, сводясь до минимума, не прекращается совершенно.

На лучших почвах рост прекращается в более глубоком возрасте, чем на худших бонитетах.

Закон большого роста имеет место не только в каждом древесном стволе, но обнаруживается и на каждой ветви, то есть боковой оси, а также, как мы уже знаем, и на каждом годовом побеге, проявляясь в нем в величине междоузлий, то есть расстояний между листовыми черешками (и почками).

Древесные растения, образовавшиеся вегетативным путем (щевой порослью, корневыми отпрысками и т. д.), в жизни своей часто не подчиняются закону большого роста: благодаря наличию запасных образовательных веществ или готового, вполне развитого материнского корневого аппарата максимальная длина побега на этих растениях появляется в первые же год-два их жизни и затем побеги становятся все более короткими. Впрочем, на порослевых растениях нередко наблюдается ранняя кульминация в 10—15-летнем возрасте и сильное последующее падение роста, так

что в общем они растут в высоту быстрее семенных до 25—30-летнего возраста, а затем отстают от последних.

Причина падения текущего прироста в высоту ствола с известного возраста, по мнению проф. Р. Вебера (R. Weber. «Lehrbuch der Forsteinrichtung mit besonderer Berücksichtigung der Zuwachse setze der Waldbäume», Berlin, 1891, in 8° 440, стр. 147—149), заключается в тех затруднениях, какие испытывает, с увеличением высоты дерева, восходящий ток при движении воды из почвы к молодым побегам с листвой.

По сосудистым пучкам (или по трахеидам у хвойных) сок поднимается с определенной двигательной силой.

При постоянной двигательной силе поднимаемый груз (т. е. количество сока) будет обратно пропорционален высоте поднятия. Так, сила  $K$ , положим, в 100 кгм (т. е. поднимающая 100 кг на 1 м), поднимает на 2 м лишь 50 кг, на 3 м—только 33,3 кг и т. д., вообще работа этой силы составляет произведение из величины груза на высоту поднятия, т. е.  $K=Ph$ , отсюда  $h=\frac{K}{P}$ .

Итак, количество древесного сока с высотой его поднятия уменьшается; ослабляется движение сока также и вследствие трения его о стенки сосудов.

Соответственно уменьшению количества сока уменьшается и текущий прирост в высоту дерева. На определенной  $H$  двигательная сила  $K$  уравновешивается тяжестью сока и трением, и здесь  $\text{рост} = 0$  (разница в грузе сока между двумя высотными точками соответствует изменениям в величине текущего прироста в высоту).

Однако эта гипотеза не объясняет нам явления самой кульминации роста как ствола, так и ветвей и годового побега; кроме того, неполнота ее заключается в том, что 1) двигательная сила  $K$  в древесном растении не постоянна (у однолетка она одна, у пятидесятилетнего дерева — другая) и 2) что густым древостоем мы повышаем над землей кульминационный пункт до 4—5 м взамен 2—3 см.

Гипотеза пытается объяснить лишь самое падение текущего прироста в высоту с увеличением общей высоты дерева.

В отношении биосоциальных условий надо заметить, что значение их выступает уже из факта низкорослости деревьев любой породы, произрастающих изолированно на просторе, по сравнению с их сородичами, обитающими в древесном сообществе.

В жизни насаждения, как общее правило, наблюдается то явление, что при наступлении времени смыкания крон отдельных деревцев с образованием общего полога происходит увеличение длины вершинного побега; однако цифровой учет этого явления в отдельном насаждении связан с некоторыми затруднениями вследствие того, что смыкание крон происходит в период большого роста деревьев в высоту.

В чистом виде действие, роль биосоциального фактора обрисовываются в насаждениях различной степени густоты древостоя, в котором выступает, как закон, то положение, что с увеличением степени густоты древостоя до известного предела всегда усиливается рост в высоту деревьев, составляющих сообщество. Это положение экспериментально доказано, между прочим, для сосны сравнительными опытами, заложенными в лесной даче Академии сперва проф. М. К. Турским в 1879 г. на мощном суглинке, при глубине залегания грунтовых вод на 8,5—9 м, в трех небольших делянках с густотой 2400, 4800 и 9600 сосновых деревьев на гектар (проба Я 6 кв.), и затем в большом масштабе проф. Н. С. Нестеровым в 1901 г. на оподзоленном суглинке при глубине залегания грунтовых вод примерно 3—3,5 м, на пространстве 1 га с двумя формами размещения растений (сам третей и квадратная) при четырех степенях густоты древостоя, причем при посадке сам третей эти степени таковы: редкая—2592 посадных мест на 1 га, средней густоты—5886, густая—9981 и очень густая—22 446 посадных мест на 1 га,

а так как в каждое посадное место посажено по два растения, то действительное число растений вдвое превышает количество посадных мест.

Первая серия опытов, из которой удалялся лишь сухой, обследованная два раза — в августе 1908 г. и в октябре 1913 г., дала в отношении роста в высоту сосны следующие результаты ( $\pm$  обозначен размер вероятной ошибки приводимых цифровых величин):

	Возраст (лет)		
	10	15	20
<i>Среднеарифметическая высота насаждения (м)</i>			
Посадки: редкая . . . . .	1,98 $\pm$ 0,04	4,37 $\pm$ 0,06	7,39 $\pm$ 0,06
средней густоты . . . . .	2,24 $\pm$ 0,04	4,87 $\pm$ 0,04	7,77 $\pm$ 0,05
густая . . . . .	2,17 $\pm$ 0,04	4,65 $\pm$ 0,05	7,49 $\pm$ 0,06
<i>Основное отклонение (а) (м)</i>			
Посадки: редкая . . . . .	0,41 $\pm$ 0,03	0,53 $\pm$ 0,04	0,58 $\pm$ 0,04
средней густоты . . . . .	0,57 $\pm$ 0,03	0,55 $\pm$ 0,03	0,79 $\pm$ 0,04
густая . . . . .	0,65 $\pm$ 0,03	0,73 $\pm$ 0,03	0,87 $\pm$ 0,04
<i>Процентный коэффициент изменчивости высоты (С)</i>			
Посадки: редкая . . . . .	20,8 $\pm$ 1,6	12,12 $\pm$ 0,9	7,8 $\pm$ 0,6
средней густоты . . . . .	25,3 $\pm$ 1,3	11,4 $\pm$ 0,6	10,1 $\pm$ 0,5
густая . . . . .	29,8 $\pm$ 1,5	15,8 $\pm$ 0,7	11,7 $\pm$ 0,6

	Возраст (лет)			
	25	30	35	36
<i>Среднеарифметическая высота насаждения (м)</i>				
Посадки: редкая . . . . .	10,20 $\pm$ 0,08	12,64 $\pm$ 0,08	14,92 $\pm$ 0,09	15,33 $\pm$ 0,09
средней густоты . . . . .	10,38 $\pm$ 0,06	12,58 $\pm$ 0,08	15,06 $\pm$ 0,07	15,54 $\pm$ 0,07
густая . . . . .	10,04 $\pm$ 0,06	12,79 $\pm$ 0,07	14,57 $\pm$ 0,09	15,09 $\pm$ 0,09
<i>Основное отклонение (а) (м)</i>				
Посадки: редкая . . . . .	0,72 $\pm$ 0,05	0,75 $\pm$ 0,06	0,79 $\pm$ 0,06	0,82 $\pm$ 0,07
средней густоты . . . . .	0,87 $\pm$ 0,04	1,03 $\pm$ 0,05	0,93 $\pm$ 0,05	0,92 $\pm$ 0,05
густая . . . . .	0,89 $\pm$ 0,04	1,19 $\pm$ 0,05	1,04 $\pm$ 0,06	1,13 $\pm$ 0,07
<i>Процентный коэффициент изменчивости высоты (С)</i>				
Посадки: редкая . . . . .	7,1 $\pm$ 0,5	8,9 $\pm$ 0,5	5,3 $\pm$ 0,4	5,3 $\pm$ 0,4
средней густоты . . . . .	8,4 $\pm$ 0,4	9,0 $\pm$ 0,4	6,1 $\pm$ 0,3	5,9 $\pm$ 0,3
густая . . . . .	8,9 $\pm$ 0,4	5,7 $\pm$ 0,5	7,1 $\pm$ 0,4	7,5 $\pm$ 0,4

Следовательно, в отношении среднеарифметической высоты густое насаждение сравнительно с двумя другими характеризуется задержанным ростом в высоту за все время его жизни, а начиная с 30-летнего возраста оно отстает даже от редкого насаждения; наибольшей же высотой отличается насаждение средней густоты. Основное отклонение в двух насаждениях большей густоты древостоя, поднимаясь неизменно с возрастом, достигает кульминации в 30-летнем возрасте, а затем постепенно падает, чтобы потом сделаться на определенной норме более или менее стационарным; в редком же насаждении оно пока еще не достигло кульминации и в 36-летнем возрасте.

Коэффициент же изменчивости, характеризующий относительный размер дифференциации деревьев по высоте, выражаясь в 10-летнем возрасте

числом 21--30%, неизменно падает с возрастом насаждения, становясь к 36-летнему возрасту однозначным числом (5—6%); при этом в густом древостое по сравнению с двумя остальными деланками этот коэффициент все время держится на повышенном уровне, отмечая более обостренный характер дифференциации деревьев в этом сообществе.

Большая серия опытов, заложенных в 1901 г., давая ясную картину изменчивости роста сосны в высоту в зависимости от густоты насаждения, показывает, что наибольшая изменчивость роста отдельных растений, в силу индивидуальных их свойств, наблюдается в первые годы их жизни; по мере развития молодняка абсолютная разница в высоте деревьев увеличивается, но относительная величина изменений, выраженная процентным коэффициентом изменчивости, с возрастом насаждения падает; будучи в 5-летнем возрасте близкой к 50%, она становится к 18-летнему возрасту почти одинаковой (20—25%) в культурах различной густоты.

Эти опытные культуры были обследованы Г. Р. Эйтингеном и описаны в двух его работах («О влиянии густоты древостоя на рост соснового молодняка», «Лесопромышленный вестник», 1916, № 34, и «Глиняные густоты древостоя на рост насаждения», «Лесной журнал», 1918, вып. 6—8).

Характеристика изменчивости высоты деревьев в связи с возрастом и густотой насаждения обрисовывается из следующей таблицы, составленной Эйтингеном для трех вышеупомянутых деланок с размещением сам третей ( $\pm$  обозначен размер вероятной ошибки приводимых цифровых величин):

Сосняк в возрасте насаждения (лет)	Редкий	Средней густоты	Густой	Очень густой
<i>Средняя высота (м)</i>				
5	0,20 $\pm$ 0,01	0,20 $\pm$ 0,01	0,21 $\pm$ 0,01	0,21 $\pm$ 0,01
10	1,25 $\pm$ 0,03	1,30 $\pm$ 0,03	1,53 $\pm$ 0,03	1,50 $\pm$ 0,03
15	3,16 $\pm$ 0,06	3,42 $\pm$ 0,05	3,95 $\pm$ 0,06	3,60 $\pm$ 0,03
18	4,68 $\pm$ 0,07	4,98 $\pm$ 0,06	5,47 $\pm$ 0,07	4,74 $\pm$ 0,06
<i>Основное отклонение (а) (м)</i>				
5	0,09 $\pm$ 0,01	0,09 $\pm$ 0,004	0,07 $\pm$ 0,003	0,08 $\pm$ 0,003
10	0,51 $\pm$ 0,02	0,49 $\pm$ 0,02	0,51 $\pm$ 0,02	0,45 $\pm$ 0,01
15	0,85 $\pm$ 0,04	0,95 $\pm$ 0,04	0,99 $\pm$ 0,04	0,94 $\pm$ 0,03
18	1,10 $\pm$ 0,05	1,07 $\pm$ 0,04	1,23 $\pm$ 0,05	1,32 $\pm$ 0,04
<i>Процентный коэффициент изменчивости (С)</i>				
5	41,3 $\pm$ 3,0	43,1 $\pm$ 3,0	33,0 $\pm$ 2,0	39,0 $\pm$ 1,0
10	41,0 $\pm$ 2,2	37,9 $\pm$ 1,6	33,4 $\pm$ 1,3	30,1 $\pm$ 1,0
15	26,7 $\pm$ 1,3	27,8 $\pm$ 1,1	25,0 $\pm$ 1,0	26,2 $\pm$ 0,8
18	23,5 $\pm$ 1,1	21,5 $\pm$ 1,1	22,6 $\pm$ 1,7	27,8 $\pm$ 0,9

Как видно, наибольшей высотой, начиная с десятилетнего возраста, отличается все время насаждение густое (10 200 шт. на 1 га), достигшее в 18-летнем возрасте 5,47 м, или почти на 17% больше против насаждения средней густоты. Сосняк же очень густой (22 945 шт. на 1 га) вследствие чрезмерной сомкнутости, напоминающей набитость сельдей в бочонке, испытывает с десятилетнего возраста подавленность роста в высоту настолько, что в 18-летнем возрасте он отстает в своей высоте по сравнению с соседним густым сосняком на 13,3%.

Различие в росте деревьев в высоту, обусловливаемое в начале произрастания индивидуальной их силой роста, сохраняется и в последующей жизни сосен в сообществе, заметно притом усиливаясь.

Группа растений, одинаковых по высоте в периоде обособленного, индивидуального их развития проявляет себя различно в социальной

обстановке, а именно, чем крупнее в молодости деревья, тем более увеличиваются они в росте, находясь в сообществе, и тем интенсивнее проявляется соотношение между моментами жизни.

Воспитание же сосны в очень густом древостое хотя и не ослабляет заметным образом этого соотношения, но задерживает рост всех особей сообщества, причем слабейшие из них сильнее всего испытывают угнетающее влияние чрезмерной сомкнутости.

Сказанное иллюстрируется следующими данными прилагаемой таблицы, показывающей соотношение между высотой 7-летней сосны и высотой ее в 18-летнем возрасте:

Сосняк Высота сосны в 7-летнем возрасте (м)	Редкий	Средней густоты	Густой,	Очень густой
	Средняя высота сосны в 18-летнем возрасте (м)			
0,10 — 0,29	4,05	3,75	3,86	3,49
0,30 — 0,49	4,43	4,85	4,72	4,10
0,50 — 0,69	5,46	5,60	5,98	5,35
0,70 — 0,89	5,76	6,26	6,35	5,94
0,90 — 1,09	6,30	6,85	7,08	6,58
1,10 — 1,29	—	—	7,25	—

При оценке приведенных в последних двух таблицах данных необходимо, однако, принять в соображение, что на всех опытных делянках сосновые деревья произрастали попарно в течение 13 лет своей жизни, вплоть до 1913 г., когда плохие экземпляры дублетов были удалены из насаждений. Считая затем прибавку 2 лет на приспособление растений к новому освещению, нужно сказать, что, строго говоря, лишь с 15-летнего возраста можно изучать сравнительный ход развития рассматриваемых насаждений.

С другой стороны, значение биосоциального фактора в рассматриваемом отношении хорошо выступает также на результатах прореживания насаждений с целью освобождения крон (Kronenfreihieb), при котором не допускается смыкания полога. При чрезмерно сильном прореживании насаждений, производимом для освобождения крон лучших деревьев, вызываемое тем самым энергичное развитие этих крон отвлекает для них в деревьях много пластического вещества, вследствие чего на освобожденных деревьях в насаждении задерживается рост их не только в высоту, но также и в толщину. Это положение установлено на Мариабруннской лесной опытной станции в Австрии К. Бемерле на постоянных пробах в молодых буковых насаждениях (18—26 лет), обследованных тщательно за период 1894—1902 гг. (Karl Böhmerle. «Bestandesdichte und Bestandeshöhe». Wien, 1903, Mitteilungen der k. k. forstlichen Versuchsanstalt in Mariabrunn).

Флюри исследовал погодный рост в высоту 6—8-летних растений различных пород, выращенных на тяжелой глинистой почве, происшедшей как продукт выветривания преимущественно из красного гранита. По данным измерений, все важнейшие хвойные и лиственные породы в отношении роста в высоту располагаются в нисходящем порядке в следующий ряд (Mitteilungen der Schweiz, Versuchsanstalt, 4, стр. 175—189):

- |                              |                                   |
|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Ольха черная.             | 11. Сосна обыкновенная            |
| 2. Береза.                   | 12. Сосна черная (P. laricio).    |
| 3. Акация белая.             | 13. Сосна Веймутова (P. strobus). |
| 4. Клен остролистный.        | 14. Ель.                          |
| 5. Клен явор.                | 15. Бук.                          |
| 6. Ясень.                    | 16. Сосна горная (P. montana).    |
| 7. "уб.                      | 17. Сосна низкорослая (P. uncin). |
| 8. Граб.                     | 18. Пихта европейская.            |
| 9. Лиана мелколистная.       | 19. Кедр сибирский.               |
| 10. Лиственница европейская. |                                   |

Разумеется, этот ряд соответствует только растениям до С—10-летнего возраста в определенной климатической области.

Рост в высоту растений различных древесных пород исследован в Швейцарии Г. Бадо в Адлисберге при выращивании их на почвах весьма различных горных пород. Испытанные древесные породы в 6-летнем возрасте в отношении высоты располагаются в нисходящем порядке на шести почвах таким образом:

Песок		Меловой известняк	
Клен остролистный . . . . .	196	Клен остролистный . . . . .	225
Ясень . . . . .	128	Ясень . . . . .	183
Лиственница . . . . .	114	Граб . . . . .	119
Граб . . . . .	70	Лиственница . . . . .	106
Липа . . . . .	67	Бук . . . . .	80
Бук . . . . .	57	Липа . . . . .	73
Сосна обыкновенная . . . . .	52	Сосна обыкновенная . . . . .	72
Дуб . . . . .	31	Сосна веймутова . . . . .	48
Сосна веймутова . . . . .	29	Ель . . . . .	45
Ель . . . . .	10	Дуб . . . . .	25
Пихта . . . . .	9	Пихта . . . . .	18
Кедр . . . . .	9	Кедр . . . . .	8

Юрский известняк		Шифер	
Ясень . . . . .	117	Лиственница . . . . .	113
Лиственница . . . . .	98	Клен остролистный . . . . .	63
Граб . . . . .	74	Бук . . . . .	50
Клен остролистный . . . . .	67	Ясень . . . . .	44
Липа . . . . .	55	Сосна обыкновенная . . . . .	40
Сосна обыкновенная . . . . .	49	Граб . . . . .	39
Ель . . . . .	36	Липа . . . . .	37
Бук . . . . .	36	Сосна веймутова . . . . .	32
Сосна веймутова . . . . .	30	Ель . . . . .	23
Дуб . . . . .	21	Дуб . . . . .	18
Пихта . . . . .	15	Пихта . . . . .	12
Кедр . . . . .	9	Кедр . . . . .	12

Гнейс		Глина (из красного гранита)	
Клен остролистный . . . . .	151	Клен остролистный . . . . .	211
Лиственница . . . . .	122	Ясень . . . . .	207
Ясень . . . . .	118	Граб . . . . .	158
Граб . . . . .	103	Лиственница . . . . .	134
Сосна веймутова . . . . .	71	Бук . . . . .	90
Дуб . . . . .	57	Сосна обыкновенная . . . . .	66
Липа . . . . .	52	Липа . . . . .	63
Бук . . . . .	52	Ель . . . . .	52
Сосна обыкновенная . . . . .	51	Дуб . . . . .	48
Ель . . . . .	44	Сосна веймутова . . . . .	42
Пихта . . . . .	19	Пихта . . . . .	18
Кедр . . . . .	10	Кедр . . . . .	11

Из этой таблицы усматривается, что в отношении высотного роста в молодости древесные породы ведут себя по-разному, смотря по характеру почвы. Только лишь кедр сибирский и пихта европейская выдерживают постоянно своего положения, так как они на всех видах почв обладают самым медленным ростом. Остролистный клен на пяти почвах занимает первое место, между тем как на юрском известняке он спускается на четвертое, а на почве Flusch—даже на восьмое. Лиственница европейская, занимающая первое место на шифере и Flusch'e, переходит на гнейсе на второе место, а на глине—даже на четвертое. Бук, который по общему распространенному взгляду должен отставать в росте от дуба (*Q. pedunculata*), в действительности на пяти видах почвы превосходит дуб в своем росте. Веймутова сосна, отстающая в росте от обыкновенной сосны на пяти почвах (меловой, юрский известняк, песок, глина и шифер), на трех остальных видах почв (гнейс, Flusch и Verrucano) превосходит в развитии обыкновенную сосну. Почти на всех почвах лиственные породы превосходят хвойные по росту в высоту,

за исключением лиственницы, которая, как уже сказано, на некоторых почвах занимает первое место.

Как видно из вышеприведенной таблицы Бадо, средняя высота шестилеток в зависимости от характера почвы колеблется в следующих пределах:

кедр сибирский . . . . .	от 8 до 12	бук . . . . .	от 36 до 90
пихта европейская . . . . .	» 9 » 19	дуб стebelъчатый . . . . .	» 15 » 63
ель . . . . .	» 10 » 52	яcень . . . . .	» 44 » 207
сосна обыкновенная . . . . .	» 28 » 72	клен остролиственный . . . . .	» 27 » 225
лиственница европей- ская . . . . .	» 73 » 134	граб . . . . .	» 39 » 158
сосна веймутова . . . . .	» 29 » 71	липа мелколистная . . . . .	» 37 » 73

Следовательно, высота растений на наиболее подходящих почвах от 1,5 до 8 раз, а преимущественно в 2—3 раза превосходит высоту растений, занимающих худшие почвы.

Можно добавить, что вышеприведенная группировка растений по высоте, в зависимости от почвы, почти совершенно совпадает с группировкой их по весу.

Аналогичные исследования в Швейцарии же были произведены в опытном питомнике Grossholz на 9-летних растениях десяти древесных пород, воспитанных на десяти почвах из различных горных пород; в результате их получилась скала пород, почти тождественная с составленной Бадо (за исключением лиственницы, остролистного клена и ясеня), хотя многие горные породы здесь иные и количество атмосферных осадков меньше, чем в Адлисберге.

В средней полосе Европейской части СССР на суглинках по степени быстроты роста семенных растений в первые 6—8 лет их жизни главные древесные породы распределяются в нисходящем порядке таким образом: лиственница сибирская, осина, черная ольха, береза бородавчатая, ильмы, сосна, клен остролиственный, яcень, дуб стebelъчатый, липа мелколистная, ель, пихта сибирская, кедр сибирский. Следовательно, здесь получается ряд, существенно отличающийся от швейцарского, что и понятно ввиду неодинакового отношения различных пород к климату и переменам метеорологических условий.

Для каждой климатической области в этом отношении должна быть своя классификация древесных пород.

Сравнительный рост в высоту деревьев различных пород имеет существенное значение для многих практических задач лесовозращения; так, с ним приходится сталкиваться:

1) когда требуется быстрое облесение открытого места и скорое затенение лесом почвы;

2) когда нужно с помощью быстрорастущих пород оказать другим культурам защиту от холода, засухи, ветра и т. д.;

3) скоростью роста породы в высоту определяется решение вопроса высаживать ли ее на место однолетними сеянцами или саженцами и какого возраста и какова должна быть густота посадки;

4) сохранение данного смещения пород в позднем возрасте главным образом обуславливается сравнительным ростом в высоту смешиваемых пород; это также важно и при естественном возобновлении смешанного насаждения, при посадке искусственно вводимых древесных пород в естественных молодняках и при покровительстве ценным подмесьям при уходе за лесом;

5) от степени роста в высоту деревьев зависят важнейшие моменты в жизни насаждения, как-то: его самоизреживание, время кульминации текущей прироста древесины, наступление семенной возмужалости и т. д.;

6) высота насаждения служит масштабом для определения добротности насаждения и бонитета места, проще говоря, от нее зависят размеры добычи древесины и техническая пригодность срубаемого леса.

Общая архитектура кроны и габитус деревьев определяются развитием годовых побегов, что отчетливо наблюдается при обнаженном состоянии деревьев в зимнее время. Укорочение верхних побегов с годами, наступающее после сравнительно короткого периода энергичного роста в высоту, изменяет внешний облик дерева.

В молодом возрасте крона бывает заостренная и негустая. Затем с появлением укороченных побегов, заполняющих просветы между длинными ветвями первого порядка, густота древесного шатра увеличивается, и с замедлением высотного роста наступает округление кроны. В очень же старом возрасте на деревьях, например сосновых, крона напоминает форму опрокинутого конуса.

Максимальная высота деревьев, образующих леса в Европе, редко превышает четыре десятка метров: так, европейская пихта достигает 75 м (35 с.), ель 60 м (28 с.), сосна 47 м (22 с.), бук 47 м (22 с.), дуб 34 м (16 с.), ясень 30 м (14 с.). Между тем есть страны, где предельная высота некоторых деревьев гораздо больше; при этом резко выделяются две породы: эвкалипты в Австралии достигают высоты 124 м (58 с.) и веллингтонии в Северной Америке 141 м (66 с.) в возрасте около 1000 лет; у этой последней кора достигает толщины 0,6 м и почти негорюча, так что прекрасно защищает дерево от огня.

Почему наши деревья не достигают высоты веллингтонии или эвкалипта? Возраст здесь не имеет решающего значения, так как в Европе предельный возраст многих деревьев свыше 1000 лет, например каштана—2000 лет, тисса—3000 лет, чинара (у Константинополя)—4000 лет, а между тем высота их всего 15—30 м. На этот вопрос, по существу, нелегко ответить. Несомненно, что сила тяжести имеет большое значение в процессе роста в высоту, как фактор, противодействующий биологической энергии роста, и что каждый растительный вид так же, как и животный, по природе своей ограничен известными пределами роста и возраста.

Надо заметить, что веллингтония—порода, в прежние геологические эпохи широко распространенная на земном шаре, принадлежит в наше время к совершенно вымирающим растениям, уцелел лишь кое-где на Тихоокеанском побережье Северной Америки несколькими островками, где отживающие гиганты исчезают, а на смену им молодого поколения появляется очень мало.

На методе определения хода роста в высоту дерева подробно останавливаться не будем. Напомним лишь, что принцип его заключается в том, что поперечное сечение дерева на высоте  $h$  от земли, по счету годичных слоев на нем, показывает время, в течение которого дерево нарастило древесину сверх высоты  $h$ . Если  $a$ —возраст дерева, а  $n$ —число слоев дерева на высоте  $h$  от земли, то, значит, за  $a-n$  лет своей жизни дерево достигло высоты  $h$ .

Сделав по длине ствола большое число сечений через определенный промежуток между ними, например через каждые 0,5 м, мы вышеуказанным путем получаем необходимый материал, по обработке которого с применением графической интерполяции находим высоты дерева по пятилетиям за все время его жизни; разность высот двух смежных пятилетних периодов показывает периодический прирост в высоту; делением этой разности на 5 определяется средний годичный прирост дерева в высоту по пятилетиям.

В возрасте	Высота деревьев	Периодический прирост за 5 лет	Средний годовой прирост
5 лет	$a$	$a$ 0—5 л	$a : 5 =$
10 »	$b$	$b - a$ 10—5 »	$(b - a) : 5 =$
15 »	$c$	$c - b$ 15—10 »	$(c - b) : 5 =$
20 »	$d$	$d - c$ 20—15 »	$(d - c) : 5 =$
25 »	$e$	$e - d$ 25—20 »	$(e - d) : 5 =$
30 »	$f$	$f - e$ 30—25 »	$(f - e) : 5 =$



Другой метод состоит в погодных измерениях длины побегов на стволе, и только лишь этот метод дает вполне ясно картину хода роста растения в высоту. Погодные измерения длины главных побегов, в связи с условиями среды, представляют высокий интерес в лесоведении. Но такие измерения за всю жизнь дерева можно производить лишь на хвойных древесных породах; на лиственных же породах годовые побеги на стволе можно проследить с уверенностью только за сравнительно ограниченный период времени последних лет жизни дерева.

**Определение средней высоты насаждения.** В чистом насаждении на взятой пробе после перечета обмеренные деревья распределяют по их толщине на классы толщины (3—5); по измерении в каждом классе высот нескольких модельных деревьев находится среднеарифметическая высота деревьев каждого класса; найденная средняя высота класса умножается на общую площадь оснований деревьев данного класса. Деля общую сумму произведений всех классов (3 или 5) на общую площадь оснований всех деревьев на пробе, находят в частном среднюю высоту насаждения, то есть применяется формула

$$H = \frac{g_1 h_1 + g_2 h_2 + g_n h_n}{g}$$

С большей погрешностью определяется эта высота по способу Губера; по данным перечета находится диаметр средней модели для насаждения; отыскавши несколько экземпляров (3—5) таких модельных деревьев, определяются их высоты и среднеарифметическая величина из них принимается за среднюю высоту насаждения.

Точнее всего находится эта высота измерением подряд высот значительного количества деревьев (150—200) в насаждении, с обмером их диаметра на высоте груди или даже без него; для этого употребляется длинный пест с прикрепленным на его вершине концом рулетки; подняв пестом конец рулетки до соответствующего пункта на дереве, отсчитывают по рулетке высоту пункта до земли; при большой высоте насаждения приставляется к дереву добавочная штанга с нанесенными на ней делениями. На основании полученных данных высот составляется вариационный ряд, по которому биометрически находится средняя арифметическая высота насаждения, основное отклонение ( $a$ ) и процентный коэффициент изменчивости высоты насаждения.

Определение средней высоты смешанного насаждения производится в практике путем, аналогичным первому из вышеупомянутых способов. По нахождении, путем разбивки на классы по толщине, средней высоты деревьев каждой породы, входящей в смесь, эту высоту умножают на общую площадь оснований деревьев данной породы, затем берут сумму всех произведений и делением этой суммы на общую площадь оснований всех деревьев, составляющих смесь на взятой пробе, находят в частном среднюю высоту смешанного насаждения.

Так как смешанные насаждения по площади играют доминирующую роль в составе наших лесов, то вопрос об исследовании сравнительного хода роста в высоту различных пород в смешанных сообществах имеет существенно важное значение для лесоводства, тем более что, произрастая в смешанном сообществе, многие древесные породы, в зависимости от природы примешанного соседа или сочетания смешения, проявляют биологические особенности роста по сравнению с чистыми насаждениями. Особенную важность имеет этот вопрос, в частности, в деле ухода за смесями.

Между тем до настоящего времени даже в Западной Европе такого рода исследованиям уделено пока очень мало внимания, а ограничивались почти исключительно изучением динамики роста чистых насаждений, притом роста лишь господствующих деревьев насаждения, оставляя без детального изучения подчиненную часть насаждения, как подлежащую удалению при уходе за лесом.

Средняя высота насаждения, строго говоря, есть сумма высот всех деревьев, образующих сообщество, разделенная на количество этих деревьев.

Рост в высоту насаждений, по сравнению с ростом отдельно растущего дерева, имеет особенность, складывающуюся под влиянием двух причин: а) усиленного роста в высоту насаждения вообще, сравнительно с изолированным деревом, под влиянием биосоциального фактора, и

б) от постепенного выпада из состава сообщества угнетенных деревьев, то есть сравнительно малой высотой, что, разумеется, повышает среднюю высоту насаждения.

Исследованиями сосновых насаждений установлено, что разница между средней высотой насаждения и высотой господствующих в нем деревьев, вначале незначительная, постепенно увеличивается до достижения насаждением среднего возраста (70—80 л.), а затем она уменьшается, когда годовой рост в высоту становится очень слабым и отпад угнетенных деревьев делается ничтожным.

Высота отдельных экземпляров господствующих деревьев насаждения может превосходить его среднюю высоту при возрасте от 20 до 50 лет на 30—50% и в более старшем возрасте на 10—20%.

Текущий годовой прирост насаждения в высоту, определенный делением на 5 разницы между высотами насаждения за смежные возрастные ступени, с понижением класса бонитета падает незначительно, составляя в среднем лишь 2—6 см.

В зависимости от возраста рост в высоту насаждения подчинен тому же закону большого роста, что и рост дерева: текущий прирост в высоту его, сперва слабый, с дальнейшим возрастом увеличивается быстро, достигает в определенный момент максимума и затем падает. Во время кульминации он достигает на I боните 50—60 см и даже 66 см (в пихтарниках Бадена); в грубом среднем можно принять его в это время на I боните—50 см, на II боните—40 см, на III боните—35 см, на IV—30 и на V—25 см.

Еще важнее абсолютной величины представляется время наступления этой кульминации прироста в зависимости от почвенного бонитета: на I боните это время наступает в 20 лет, на II боните—25—30 лет, на III—в 40 лет, а на IV и V бонитах—40—50 лет, так что с каждым последующим понижением класса бонитета кульминация текущего прироста отсрочивается в среднем на десятилетие.

По достижении своей кульминации текущий прирост в высоту падает сперва довольно быстро, а затем с 50—60-летнего возраста—медленно; в 100-летнем возрасте насаждения он составляет 10—15 см в год, а на плохом боните иногда даже и меньше 10 см.

Сильнее всего это падение выражается на сосняках и дубняках; в то время как 20—30-летний сосняк превосходит в высоту насаждения всех других пород, уже в 40-летнем возрасте он отстает от них. Ельники же и пихтарники с 50—60-летнего возраста превосходят по высоте насаждения других пород, в старом возрасте даже на значительную величину.

Помимо влияния возраста древесной породы, по отдельным годам происходят значительные колебания текущего прироста в высоту насаждения, в зависимости от метеорологических условий; при этом факторы, усиливающие транспирацию (как-то: высокая температура воздуха, сухость воздуха, сильные ветры и т. д.), задерживают рост насаждения в высоту. Как уже сказано выше, колебания длины годовых побегов происходят главным образом в зависимости от погоды в мае и июне, когда побеги формируются.

Среди метеорологических факторов, в частности, ветер оказывает огромное влияние на высотный прирост насаждения; потребность древесных стволов в большей устойчивости против ветра лишает вершины деревьев значительной части пластического вещества, расходуемого на утолщение оснований стволов. Поэтому насаждения, подверженные действию частых

и сильных ветров, бывают низкорослы, например в степях, на морских побережьях и на высотах гор.

В существующих опытных таблицах средняя высота насаждения определяется высотой лишь господствующих классов, т. е. не принимая во внимание подчиненной части насаждения, как состоящей из деревьев, подлежащих удалению при промежуточных рубках. Эта средняя высота показывается на основании обмера срубленных моделей, как среднеарифметическая величина высот этих моделей; или же средняя высота господствующего насаждения исчисляется с принятием в расчет площадей оснований классов толщины, то есть по формуле

$$H = \frac{g_1 h_1 + g_2 h_2 + g_3 h_3 + \dots + g_n h_n}{G}$$

Разница между этими двумя приемами сказывается на средней высоте, как показывают расчеты проф. Флюри (Mitteilungen der Schweiz. Versuchsanstalt, Bd. 9), колебанием от 0,2 до 1 м.

В опытных таблицах данные приводятся для нормальных (т. е. сомкнутых и здоровых) чистых насаждений по пятилетним промежуткам времени, начиная с 20-летнего возраста.

В нижеприложенной таблице приведена по пяти классам бонитета для возрастов 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 лет средняя высота (в метрах) господствующего насаждения для главных древесных пород по исследованиям в Европейской части СССР и некоторых государствах Западной Европы.

Бонитет	Возраст (лет)						
	20	40	60	80	100	120	140

#### СОСНА

##### б. Петербургская губерния (1848 г.)

I	7,1	14,2	19,9	23,4	27,1	29,1	29,8
II	6,4	12,1	17,0	21,3	24,1	26,3	27,7
III	5,0	10,7	14,8	19,2	21,8	23,2	24,7
IV	—	9,2	13,5	17,0	19,2	20,6	—
V	—	7,8	11,4	14,9	16,3	—	—

##### б. Самарская губерния

I	10,0	18,3	24,4	28,7	30,5	—	—
II	8,3	15,9	22,3	27,1	—	—	—
III	6,7	12,8	18,0	22,5	—	—	—

##### Северная Германия (1912 г.)

I	8,9	15,7	21,6	25,4	28,0	30,1	31,5
II	7,6	13,2	18,1	21,1	24,1	25,9	27,3
III	5,3	10,7	15,0	18,1	20,3	22,0	23,2
IV	—	8,1	11,7	14,4	16,3	17,8	—
V	—	5,4	8,5	10,9	12,5	13,4	—

##### Саксония (1884 г.)

I	7,3	17,6	22,1	25,0	27,1	29,1	—
II	5,7	14,2	18,5	21,1	23,0	24,7	—
III	4,5	11,1	15,0	17,2	18,9	20,3	—
IV	3,4	8,2	11,5	13,3	14,8	—	—
V	2,5	5,7	8,0	9,5	10,7	—	—

#### ЕЛЬ

##### б. Петербургская губерния (1848 г.)

I	7,1	13,5	29,5	23,8	27,5	29,9	31,4
II	5,5	11,4	17,1	21,3	25,0	27,1	28,4
III	4,6	9,5	14,7	18,5	21,3	21,3	24,4
IV	—	7,9	11,4	15,6	17,3	18,6	—
V	—	6,4	10,0	11,4	14,0	14,7	—

Гонител	Возраст (лет)						
	20	40	60	80	100	120	140
<i>Пруссия (1902 г.)</i>							
I	6,8	16,6	24,7	29,7	33,3	35,9	—
II	—	12,8	20,5	25,6	29,3	32,1	—
III	—	9,3	16,2	21,2	25,0	28,2	—
IV	—	6,9	12,7	17,3	21,0	24,0	—
V	—	4,5	9,3	13,8	17,2	—	—
<i>Саксония (1878 г.)</i>							
I	6,2	14,9	22,0	26,6	30,8	34,5	—
II	4,5	12,0	19,0	23,5	27,4	31,0	—
III	3,7	9,2	16,0	20,2	23,7	26,7	—
IV	2,9	7,1	12,3	16,5	19,4	21,5	—
<i>Швейцария холмистая (1907 г.)</i>							
I	8,6	19,5	26,9	31,7	35,0	—	—
II	7,7	17,3	24,3	29,1	32,5	—	—
III	6,8	15,2	21,9	26,7	30,2	—	—
IV	6,0	13,2	19,7	24,5	28,1	—	—
V	5,4	11,6	17,5	22,5	26,1	—	—
<i>Швейцария горная (1907 г.)</i>							
I	7,0	16,7	24,2	30,2	34,5	36,5	—
II	5,4	13,9	20,4	25,8	29,8	31,7	—
III	4,0	11,3	17,1	21,7	25,4	27,2	—
IV	2,8	8,9	14,1	18,1	21,3	23,0	—
V	1,8	6,7	11,2	14,7	17,5	19,0	—
БЕРЕЗА							
<i>б. Петербургская губерния (1848 г.)</i>							
I	9,7	16,2	21,3	25,3	27,5	—	—
II	8,5	14,3	19,2	23,3	25,6	—	—
III	7,1	12,5	17,3	20,4	22,0	—	—
IV	6,1	11,0	15,2	18,0	—	—	—
V	5,2	9,5	12,5	14,0	—	—	—
<i>б. Тульская губерния</i>							
I	10,7	19,2	22,9	25,6	—	—	—
II	9,2	17,1	20,6	22,6	—	—	—
III	7,8	14,9	18,5	—	—	—	—
IV	6,4	12,1	14,9	—	—	—	—
<i>б. Самарская губерния</i>							
I	12,2	20,4	25,3	27,7	—	—	—
II	10,0	17,7	22,5	25,0	—	—	—
III	8,8	15,9	20,4	22,5	—	—	—
IV	7,6	14,0	17,7	—	—	—	—
V	6,4	11,9	14,3	—	—	—	—
<i>Германия (1912 г.)</i>							
I	—	18,3	23,0	26,0	—	—	—
II	—	14,1	18,3	20,9	—	—	—
ОСИНА							
<i>б. Тульская губерния</i>							
I	12,1	20,6	25,6	28,4	—	—	—
II	10,7	18,5	23,5	25,6	—	—	—
III	9,2	16,4	21,3	23,5	—	—	—
IV	8,5	14,9	19,2	21,3	—	—	—
V	7,1	12,8	17,1	19,2	—	—	—

Бонитет	Возраст (лет)						
	20	40	60	80	100	120	140
<i>б. Самарская губерния</i>							
I	12,8	21,1	26,5	29,9	—	—	—
II	10,4	18,0	23,7	27,1	—	—	—
III	8,3	15,2	20,7	23,5	—	—	—
IV	7,0	13,1	17,3	—	—	—	—
V	5,5	10,7	13,9	—	—	—	—
ЧЕРНАЯ ОЛЬХА							
<i>Пруссия (1902 г.)</i>							
I	14,5	20,9	24,1	25,5	—	—	—
II	11,2	17,1	20,0	21,3	—	—	—
III	8,9	13,6	16,0	—	—	—	—
ДУБ							
<i>Пруссия (1905 г.)</i>							
I	7,5	14,7	20,3	24,1	26,6	28,6	30,2
II	—	10,5	15,5	19,5	22,2	24,2	25,9
III	—	7,0	11,0	14,7	17,4	19,5	21,3

Из обзора опытных таблиц видно, что по степени быстроты роста насаждений в 80—120-летнем возрасте на первых четырех бонитетах древесные породы располагаются в следующий нисходящий ряд: ель, пихта европейская, бук, сосна и дуб. Если принять за 100 среднюю высоту ельника в 100-летнем возрасте на I бонитете (33 м), то для пихтарника (32 м) она будет—97, для букового леса (32 м)—97, для сосняка и дубняка (29 м)—88, т. е. разница между елью, пихтой и буком составляет только 3%, а сосна и дуб отстают от ели на 12%, а от бука на 9%.

По быстроте же роста насаждения в молодом (30 л.) возрасте породы располагаются в такой нисходящий ряд: на I бонитете: сосна, бук, дуб, ель и европейская пихта и на II—V бонитетах: сосна, бук, дуб, ель и пихта.

Следовательно, в молодом возрасте насаждений ряд древесных пород иной, чем в старом возрасте; сосна и дуб в молодости занимают по высоте первое место, а в старом—последнее.

Надо заметить, что условия микрорельефа и климата вызывают нередко перемены в соотношении высоты пород; так, бук обгоняет в росте дуб (Спессарт), то отстает от него (в Тюбингене); по опытным же таблицам дуб только на I бонитете и отчасти на II бонитете приблизительно до 30-летнего возраста выше бука, а в старших возрастах, наоборот, бук выше дуба; на III бонитете дуб с молодости уже уступает по высоте буку.

Разница в высоте 100-летних насаждений еловых, сосновых и буковых на I бонитете, в зависимости от географических условий, представляется в следующем виде:

	м	%
ЕЛЬ		
Швейцария холмистая . . . . .	35	100
» горная . . . . .	34,5	99
Брауншвейг . . . . .	34	97
Вюртемберг . . . . .	33	94
Пруссия . . . . .	33	97
Саксония . . . . .	31	89

	м	%
СОСНА		
Северо-Германская равнина . . . . .	29	100
Саксония . . . . .	27	95
Гессен, равнина Рейна и Майна . . . . .	26	90
и область песчаника . . . . .	23	79
БУК		
Обергессен . . . . .	34,5	100
Зивальд, Швейцария . . . . .	33,5	97
Брауншвейг . . . . .	32	93
Швейцария . . . . .	32	
Пруссия . . . . .	32	87
Вюртемберг . . . . .	30	
Баден . . . . .	29	84

Пихтарники в Бадене до 70—80-летнего возраста на 3—4 м и даже на 5 м, а в 80—100-летнем возрасте на 2 м выше вюртембергских. Дубняки в Гессене во всех возрастах и во всех бонитетах на 4—5 м выше, чем в Пруссии.

Ленинградские сосняки, ельники и березники по сравнению с прусскими на всех бонитетах уже с ранней молодости оказываются более низкорослыми.

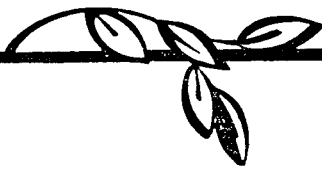
Впрочем, при сравнительном обзоре в опытных таблицах данных о высоте насаждений представляется затруднительным делать общие выводы, так как наблюдаемая разница между высотами насаждений в опытных таблицах различных местностей отчасти объясняется различием в степени применяемых промежуточных рубок; там, где этими рубками удаляется больше угнетенных классов, то есть более низких деревьев, тем самым, счетным путем, приподнимается средняя высота остающихся насаждений; наоборот, там, где производятся лишь слабые прореживания, средняя высота насаждений оказывается ниже; поэтому, вероятно, и ленинградские леса по сравнению с прусскими являются более низкорослыми.

Что касается, наконец, влияния древесной породы на рост дерева в высоту, то с давних пор различают породы быстрорастущие и медленнорастущие и с этими различиями связывают дальнейшие заключения.

Эта разница между породами бывает порой столь поразительна, что для ее установления не требуется особых измерений; достаточно, например, сравнить березу или остролистный клен, или лиственницу с буком, елью или пихтой. Во многих же случаях для сравнительной оценки в этом отношении пород требуются точные измерения; для примера можно привести дуб и бук; во многих местах бук обгоняет в росте дуб, а в иных он отстает от него.

Основные причины различий в росте между древесными породами лежат: 1) в химико-физических свойствах клеточных оболочек разных растений; 2) в разнице осмотического давления клеточного сока, вызываемой неодинаковыми требованиями к одной и той же почвенной среде со стороны различных пород в отношении влаги и растворимых минеральных солей; 3) в неодинаковом отношении разных пород к данному климату и переменам метеорологических условий.

По этому предмету поучительными являются работы, произведенные в Швейцарии двумя лесоводами Флюри и Баду (Badoux) в Аддисберге, на высоте 676 м над уровнем моря, с древесными растениями семенного происхождения.



## XVIII. ОБРАЗОВАНИЕ НАСАЖДЕНИЯ



Естественный лес характеризуется разновозрастностью, разомкнутостью крон и постепенностью смены поколений.

При вмешательстве человека может быть естественное лесовозобновление и искусственное лесоразведение.

Естественно возобновившемуся лесу приписываются многие преимущества: 1) густота и естественный отбор между деревьями, 2) высокие качества леса, 3) здоровье и 4) долговечность.

Искусственное разведение: 1) на безлесных местах и 2) при большой потере прироста вследствие медленности естественного возобновления. При известных условиях отдается предпочтение искусственному лесоразведению. Если естественное возобновление не удается или является неудовлетворительным, то связанная с ним потеря прироста, при высокой ценности древесины, может быть настолько значительна, что превосходит расходы на искусственное лесоразведение, и потому этому последнему способу отдается предпочтение, как более дешевому.

Так, посадка двухлеток стоит 20 руб. на 1 га, а для естественного облесения нужно 5 лет; ко времени окончания возобновления культура имеет уже 7 лет, а естественно возобновившаяся только один-два года; следовательно, естественное облесение связано с потерей прироста древесины за 5—6 лет. Потеря эта, при ценности среднего годовичного прироста в возрасте спелости в 10 руб. на 1 га, составляет 50—60 руб., то есть убыток от естественного лесовозобновления сравнительно с искусственным лесоразведением (20 руб.) определится от 30 до 40 руб. на каждый гектар вырубки.

### ЕСТЕСТВЕННОЕ ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЕ

Рубка спелого леса есть вместе с тем и время естественного лесовозобновления, время образования нового насаждения, а следовательно, успех последнего зависит от самого способа ведения рубки спелого насаждения. Способ ведения рубки обуславливает как вид будущего насаждения (высокоствольный и низкоствольный), так и форму его (одновозрастная и разновозрастная) и характер смешения пород.

Роды хозяйства—высокоствольное, низкоствольное и среднее.

Системы—лесосечная, постепенная и выборочная.

Полагая в основу высокоствольного хозяйства естественное лесовозобновление, а не искусственное, стремятся применением определенных приемов рубки к достижению этого возобновления, упуская часто из виду

самые интересы «жатвы», надлежащего использования спелого леса, выращенного в течение долгого ряда десятилетий. При этом забывается, что ведь лес служит не для того, чтобы по определенной системе возобновляться, а прежде всего для того, чтобы идти на удовлетворение потребностей человека в древесине, доставлять возможно большую пользу, материальный доход.

При стремлении обойтись естественным лесовозобновлением часто отодвигается на задний план это первостепенное назначение спелого леса: ждут естественного облесения, при постепенной рубке 5, 10, 20 лет и даже 30—40 лет (в Бадене), забывая, что в лесном хозяйстве более, нежели где либо, время—деньги и что спелое насаждение нужно обращать в рыночный товар.

Фетишизму естественного лесовозобновления нередко приносят в жертву все—время, материальные потребности населения, задачи хозяйства и требования здравого рассудка.

Лес, как и нива, выращивается для жатвы; между тем, когда наступает пора жатвы, многие лесохозяйственники думают совсем не о том, как бы лучше и выгоднее собрать урожай, а заботятся лишь о возобновлении леса для дальнейшего выращивания. Это нелогично и бесхозяйственно: тратить 10—20—30 и 40 лет на естественное возобновление, принося ему в жертву самый урожай спелого леса.

После этих кратких замечаний перейдем к общим условиям естественного возобновления леса.

### ОБЩИЕ УСЛОВИЯ СЕМЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ

1) Наличие семян, 2) рассеивание их и 3) состояние почвы, подходящее для восприятия и прорастания семян.

При рассмотрении физической спелости уже было отмечено, что семенная возмужалость деревьев в насаждении наступает позднее, нежели у изолированно растущих деревьев, что деревья, образовавшиеся вегетативным путем, начинают плодоносить раньше, чем деревья семенного происхождения, что на почвах тощих плодородие начинается раньше, нежели на почвах плодородных, и что с увеличением географической широты семенная возмужалость отсрочивается.

В общем возраст этой возмужалости деревьев составляет:

у сосны . . . . .	40 лет	
» ели . . . . .	60 »	(в б. Тульской губернии с 35 лет)
» пихты . . . . .	50 »	
» лиственницы . . . . .	20 »	
» кедра . . . . .	60 »	(в б. Московской губернии с 30—35 лет)
» дуба семенного . . . . .	60 »	(у порослевого с 20 лет)
» березы . . . . .	20 »	
» липы . . . . .	25 »	
» бука . . . . .	70 »	
» клена остролистного . . . . .	20 »	

**Периодичность плодоношения.** У одних (пород береза, осина, ива) обильные урожаи семян бывают почти каждый год; у других же древесных растений (сосна, ель, дуб) обильное плодоношение повторяется через более или менее продолжительные промежутки времени.

Количественное определение плодоношения может производиться четырьмя приемами:

1) счетом плодов на деревьях растущих или на срубленных для этой цели моделях;

2) учетом осыпающихся с деревьев спелых семян в поставленные на земле приемники определенной величины (семяномеры);



3) учетом на пробных ветвях следов, оставляемых осыпавшимися плодами (биологический анализ ветви);

4) счетом количества и возраста молодых деревьев, образовавшихся на вырубках, пожарищах и других обнажениях почвы.

Первый прием в применении к растущим деревьям, связанный с подвешиванием под ними раскинутых сеток или полотнищ, весьма хлопотлив и дорог, так что пригоден преимущественно для плодовых деревьев; при срубке же модельных деревьев в лесонасаждении, в целях устранения индивидуальных особенностей растения, требуется взятие многих моделей, что, помимо хлопотливости работы, лишает возможности производить длящиеся исследования над одними и теми же деревьями.

Прием со срубкой моделей в е р в ы е п р и м е н я л с я в течение нескольких лет В. Д. Огиевским при исследовании плодоношения сосны, а затем Соболевым и Фомичевым при исследовании плодоношения сосны и ели.

Второй способ (семяномерный) целесообразен для учета плодоношения насаждений, состоящих лишь из таких древесных пород, которые имеют легкоразносимые ветром семена, как-то: сосна, ель, береза и т. д.; при этом, однако, остаются вне учета семена, поедаемые в плодах на деревьях вредными насекомыми, а равно зерноядными птицами и другими животными (как клесты на сосне, белка на ели и пихте и т. п.). Этот способ применяется непрерывно с 1905 г. в даче Тимирязевской академии для исследования плодоношения сосны и ели. Собирая в приемнике осыпавшиеся семена ежедневно, выясняется важная зависимость осыпания семян от температуры и влажности воздуха, направления и силы ветра и других метеорологических факторов.

Третий прием (биологический анализ ветвей) дает возможность в отношении многих пород точного определения плодоношения за 4—5-летний период с выражением урожая семян на 1 м годовых побегов, образовавшихся за данный год. Этот прием мной применялся многократно, начиная с 900-х годов в отношении различных лиственных деревьев и кустарников (боярышник, черемуха и рябина), и, убедившись в полной целесообразности, я опубликовал его в «Лесопромышленном вестнике», 1914 г., № 26, в работе «К вопросу о методике исследования плодоношения деревьев».

Позволяя попристальнее заглянуть в тайники великой лаборатории природы и изучить детально биологию плодоношения древесных растений как в лесонасаждениях, так и на отдельных особях, применение этого приема вместе с тем открывает возможность предвидеть размер урожая плодов за несколько месяцев до их созревания.

Третье важное значение его заключается в том, что, благодаря остающимся на древесном растении разнообразным следам бывшего плодоношения<sup>1</sup>, получением необходимых данных обеспечивается на одних и тех же экземплярах растений высокая степень точности получаемых относительных величин урожайности во времени, а равно и производство длящихся исследований плодоношения на одних и тех же особях.

Древесные растения, как бы отчитываясь в своих делах перед «великим хозяином», записывают ход своего плодоношения и притом с такой замечательной аккуратностью и точностью, которые недоступны самому скрупулезному бухгалтеру. Нам остается только умело расшифровывать, путем биологического анализа, эти летописи самописца-дерева.

Само собой разумеется, что для получения точных средних величин плодоношения деревьев необходимо брать достаточное число ветвей, срезанных на соответственных местах кроны. Взятые для исследования количество

<sup>1</sup> Так, у остролистного клена образование плодов обуславливает дихотомическое разветвление годового побега—признак урожая, сохраняющийся затем на дереве многие десятилетия.

ветвей можно признать достаточным, если при прибавлении к нему нескольких добавочных ветвей найденная первоначально средняя величина остается без существенного изменения. Для обеспечения сравнимости результатов исследования на определенной категории деревьев за разные годы, необходимо при работе соблюдать однообразие тех условий, от которых зависит степень погрешности выхода, как-то: придерживаться постоянно одинакового размера ветвей определенной стороны (южной, западной или юго-западной) и места кроны по ее длине и т. д., а также и времени для среза ветвей.

В виде примера привожу результаты произведенного мной в 1914 и 1920 гг. биологического анализа дубовых деревьев на аллее: средний урожай желудей на 1 м молодых побегов составлял в 1914 г. 18 шт., а в 1920 г. — всего лишь 8,3 желудя<sup>1</sup>. Оба эти года отличались глазомерно высоким урожаем желудей; по глазомерной оценке урожая балльной системой, которая применялась в 80—90-х гг. в Германии при фенологических наблюдениях, каждый, наблюдавший урожай за два вышеназванных года, несомненно обозначил бы их высшим баллом (весьма обильный или 5); между тем биологический анализ обнаруживает между ними большое различие: в 1920 г. урожай желудей был в два с лишним раза меньше, нежели в 1914 г.

По биологическому анализу ветвей плодоношение на восточной стороне дубовой аллеи на Академической усадьбе составляло:

Год	Число побегов на 1 м побегов	Максимальная длина побегов (см)	Минимальная длина побегов (см)	Средняя длина побега		Число желудей на 1 м молодых побегов	
				по обмеру в 1923 г. К. С. Лебедева (см)	по прошлым обмерам (см)	учет 1923 г. К. С. Лебедева	
1919	—	—	—	—	—	3,7	3,1
1920	15,6	9,9	2,5	6,4	3,8	8,8	8,3
1921	25,4	7,7	1,4	3,9	3,0	10,9	10,0
1922	30,3	7,6	1,3	3,3	2,8	5,8	5,4
1923	24,0	12,2	0,8	4,1	—	11,0	—

Что касается четвертого метода, то он, не преследуя определения самого размера урожая семян, служит для установления срока повторяемости семенных годов у данной породы за период до 20 лет и даже более.

Обильные урожаи семян оставляют, каждый, неизгладимый отпечаток в лесной даче на сплошных вырубках, пожарищах, выжиггах и других обнажениях лесной почвы—столь же отчетливый, как типографский оттиск, отпечаток в форме густо заселившегося налета; на одной и той же площадке может быть налицо два-три яруса налета других растений, развившихся из семян двух-трех последовательных урожайных годов. Так как вырубки и другие почвенные обнажения со временем перемещаются по территории лесной дачи, то на вновь появляющихся обнажениях образуются отпечатки всходов от дальнейших урожайных годов.

Поэтому, выбрав целесообразно в различных пунктах лесной дачи пробные площадки и произведя на каждой из них перепись наличного состава интересующих нас древесных растений с точным определением возраста каждого экземпляра, мы, путем статистической сводки, находим на единице площади общее количество растений, появившихся из семян за каждый год в течение определенного периода времени, и тем самым узнаем повторяемость семенных годов у испытываемой породы.

<sup>1</sup> По западной стороне по ветвям двух дубов он составлял 10,5 желудя.

Такого рода статистический метод был применен в Академической даче для установления периодической повторяемости урожаев желудей дуба, для чего в 4—5 пунктах дачи площадками срублен был у поверхности земли сплошь дубовый подрост естественного происхождения, поселившийся под пологом сосновых насаждений, и точно определено число годичных слоев на пневом срезе каждого дубка. При этом за выбраковкой порослевых экземпляров, по учету 260 дубков различного возраста, оказалось, что плодоношение дуба в даче подчинено довольно строгой периодичности, а именно обильные урожаи желудей в Петровской даче повторяются через каждые шесть лет на седьмой и семенными годами были: 1864, 1871, 1878, 1885, 1892, 1899, 1906 и 1914 гг., причем лишь обильный урожай 1914 г. наступил на один год позднее нормального срока; это отклонение от нормы объясняется тем обстоятельством, что появившиеся весной 1913 г. в большом количестве цветы у дуба, обещавшие огромный урожай желудей, были побиты весенним утренником. Богатый урожай желудей 1920 г. последовал через пять лет (а не через 6) после предшествовавшего урожая; а не считаясь в плодоношении с плохой корректурой, сделанной утренником 1913 г., он приходится в нормальный срок.

В Петровской даче прекрасно сохранились в виде дубового подроста в сосняках отпечатки урожаев 1920, 1914, 1906 и 1899 гг. Затем хорошо проявляются в наличном подросте и урожаи 1892 и 1885 гг. Отпечатки же урожаев более давних лет несколько уже стерлись частью от времени (от самоизреживания), а главным образом от руки человека. Что касается урожаев желудей за первую половину прошлого столетия, то, в отношении их, скотом и человеком давно уже уничтожены все бывшие в свое время живые штемпеля природы, за исключением ничтожных, случайно уцелевших обрывков, так как до 1860 г., когда лес с остальными угодьями приобретен был в казну, повсюду в даче усиленно производились пастьба скота и сенокосение, и появившиеся дубовые всходы немедленно уничтожались зубами и копытами животных и косой человека.

Исследование К. Перекрестова в 1899 г. в сосновой даче б. Кювенской губернии.

Количество сосенок на площадке 182 м<sup>2</sup> на лесосеке рубки 1887 г.

Год урожая	Возраст (л.)	1-я проба, число сосен	2-я проба, число сосен	3-я проба, число сосен
1897	1	4	—	—
	2	14	3	—
	3	3 (1896)	11 (1896)	23
	4	11	4	10
	5	7	5	7
	6	19	9	16
1891	7	81	15	22
	8	278	222	155
	9	186	104	56
	10	64	23	27
	11	9	4	3
		676	400	319

По данным лесной дачи Тимирязевской академии и по сообщениям лесничеств, хорошие урожаи семян сосны в центральной части России были в 1885, 1890, 1893, 1898, 1903, 1906 и 1913 гг.

Периодичность плодоношения, наблюдаемая у многих древесных пород объясняется тем обстоятельством, что для образования плодов (будет ли то яблоко или сосновая шишка) необходима такая большая масса пластических

веществ (крахмала, сахара, масла, белка и т. д.), которая может быть приготовлена деревом лишь за несколько лет, откладываясь до поры до времени в виде запаса в сердцевинных лучах растения. Давши обильный урожай плодов, дерево снова накапливает пластические вещества в продолжение определенного периода времени для повторного урожая. Конечно, один год не похож на другой в отношении вегетации и возможности накопления пластического вещества про запас, так что у деревьев даже одинакового возраста и на однородной почве строгой периодичности плодоношения нельзя ожидать,—допустимы отклонения от нормы на 1, даже на 2 года.

Количество сосенок на площадке 182 м<sup>2</sup> на лесосеке рубки 1878 г.

Год урожая	Возраст (л.)	1-я проба, число сосен	2-я проба, число сосен
1891	4	44	2
	5	12	10
	6	10	15
	7	6	17
	8	115	126
	9	40	32
	10	9	55
1886	11	15	67
	12	2	35
	13	44	49
	14	20	29
	15	43	16
	16	39	17
1881	17	26	5
	18	56	1
	19	17	—
	20	19	—
		517	476

Правильность этого объяснения периодичности плодоношения подтверждается, между прочим, образованием весьма слабого текущего прироста древесины дерева в год обильного плодоношения или вслед за этим годом.

Само собой разумеется, что различия в условиях произрастания данной породы в разных климатических областях непременно обуславливают значительную разницу в продолжительности рассматриваемого периода, что и подтверждается наблюдениями; так, в центральной части России плодоношение у сосны повторяется в среднем через каждые 6 лет, причем хорошие урожаи сосновых семян в Академической даче были весной в следующие годы: 1885, 1890, 1893, 1898, 1903, 1906 и 1913 гг. В юго-восточной же части СССР (по наблюдениям в Самарской луке) сосна приносит обильные урожаи семян через 12 лет. С другой стороны, в Лапландии (т. е. на Кольском полуострове), по исследованиям финляндских ботаников Бротеруса, Линдена и других, семенные годы у сосны повторяются лишь через 20 лет.

В зависимости от особенностей климата происходит также и то, что у породы даже с ограниченным ареалом обильное плодоношение бывает не одновременно по всему ареалу ее обитания, а совершается в различные годы; так, в центральной части СССР может быть обильный урожай желудей в данном году, а на востоке (в Казани, б. Уфимской и Симбирской губерниях) или в южной или юго-западной части СССР одновременно с тем является полный неурожай. К климатическим особенностям присоединяется в отношении дуба также и то обстоятельство, что в южной и юго-западной части СССР произрастает иной вид дуба—дуб зимний (*Q. sessiliflora*), не обитающий в средней части СССР.

Несомненно, и значительные почвенные различия, ускоряя или, наоборот, замедляя фабрикации деревьями пластического вещества, не остаются без влияния на срок повторяемости плодоношения, но пока этот вопрос еще не исследован. По сравнению с климатом, вероятно, влияние почвы окажется весьма незначительным.

Ввиду периодичности плодоношения многих пород, при возобновлении их почти неизбежным следствием является подмесь к ним от налета семян тех пород, которые плодоносят почти ежегодно (осина, береза и т. д.).

Созревание плодов у разных пород наступает в различное время года: у ильмовых и тополевых—в мае или начале июня, у березы—к июлю, у кедр—в августе, веймутовой сосны—в сентябре, у кленов и других—осенью, у сосны и ели—в апреле (у ели иногда и осенью).

Степень семенной производительности зависит прежде всего от возраста деревьев. В первые годы своего плодоношения деревья приносят много пустых, невсхожих семян, в частности у лиственницы: с возрастом же их, по мере развития кроны, количество приносимых семян постепенно увеличивается, затем, по достижении в среднем возрасте своего максимума, долгое время держится на одном уровне, уменьшаясь под старость, с отмиранием отдельных частей кроны.

Помимо возраста, степень семенной производительности в весьма большой зависимости находится от древесной породы, колеблясь при этом в огромных пределах. У некоторых видов (березы, тополевые) плодоношение необычайно обильно; так, взрослая береза дает в урожайный год до 4 кг сухих сержек или до 20—25 млн. семян.

Многие же породы обладают ограниченной производительностью; так, сосновое дерево, толщиной 31—36 см, на просторе может дать всхожих семян до 45 тыс. штук и в исключительных случаях до 140 тыс.; кедр в среднем дает лишь 1000 орешков, заключающихся в 60—80 шишках; у отдельных же кедровых деревьев родится иногда до 1000—1500 шишек (на 1 кг орехов нужно 50—60 шишек).

Огромное различие в степени семенной производительности служит одной из причин возникновения смешанных сообществ деревьев.

Кратковременность периода осыпания семян с материнских растений характерна для большинства наших древесных пород. Сравнительно продолжительным сроком осыпания отличаются лишь немногие виды: липа, ясень и ольха, осыпающие семена и зимой, а также частью лиственница и береза.

Сводка наблюдений за 1904—1912 гг. относительно рассеивания семян в 90—100-летнем сосняке и в сосновом жердняке, произведенных в Академической даче семямерным путем, показывает, что продолжительность периода осыпания сосновых семян за названные годы составляет в среднем 45 дней, колеблясь по отдельным годам от 23 дней (1908 г.) до 72 дней (1906), а в жердняке от 35 дней (1908) до 66 дней (1906).

В отношении сосны, а равно и ели надо заметить, что на процесс осыпания семян из шишек огромное влияние оказывает относительная влажность атмосферного воздуха; выделение семян из шишек идет тем энергичнее, чем ниже процент относительной влажности воздуха.

Указанная зависимость представляет собой частный случай общего явления, наблюдаемого на хвойных растениях, что все отходящие от оси боковые органы, как-то: ветви, хвоя и чешуи спелых шишек—обладают гигрометрической способностью движения, приближаясь к оси или, наоборот, удаляясь от нее, в зависимости от относительной влажности воздуха, причем с увеличением сухости воздуха угол расхождения увеличивается. Длиннохвойная сосна (*P. palustris*), растущая в Северной Америке по побережью Мексиканского залива, в сухие дни широко распыривает сидящие по 5 шт. на концах побегов свои длинные хвоя розеткой, в центре которой сильно выступают крупные почки, а во влажную погоду или по утрам она собирает

хвою в кистевидные пучки, совершенно закрывающие почки. Отсюда происходит крайне изменчивый внешний вид этой сосны в зависимости от погоды.

На этом свойстве хвойных деревьев, между прочим, основано для домашних наблюдений устройство гигрометра, который представляет собой вырезанный из сосны или ели обескоренный однолетний главный побег с одним боковым разветвлением, причем главный побег на концах прикреплен к доске или картону, а боковой может свободно перемещаться своим заостренным концом по шкале с делениями. Гигрометрическое свойство спелых шишек указывает на целесообразный способ извлечения семян хвойных из шишек применением сухого воздуха (высушенного  $\text{CaCl}_2$  или иным путем), взамен обычно практикуемой огневой сушки шишек, при которой неизбежно понижается всхожесть семян от высокой температуры.

Семена растений рассеиваются четырьмя способами: 1) ветром, 2) водой, 3) животными и 4) особыми приспособлениями, основанными на тургоре и напряжении тканей.

В рассеивании лесных плодов и семян главным агентом является ветер; у большинства наших деревьев плоды и семена построены так, что по отделении от материнского растения они более или менее продолжительное время держатся в воздухе, и свободное падение их замедляется особыми приспособлениями. В этом проявляется огромная приспособляемость деревьев. Так, у видов *Ulmus*, *Ptelea* и некоторых других сплющенное семя окружено, в виде ободка, пленкой плодового вместилища; у семян сосен, елей, пихт и лиственниц имеются крыловидные отростки, образующиеся из внутренней части плодовой чешуи; плоды берез, ольхи и айланты окаймлены двумя боковыми крыльями, причем у айланты оба крыла слегка скручены, чем вызывается крутящееся движение в воздухе плода, подхваченного ветром; у всех видов клена развивается одно только одностороннее крыло, причем так как центр тяжести плода лежит эксцентрично, то при свободном падении кленовые плоды в воздухе крутятся и вертятся, относясь воздушным течением от материнского растения. У некоторых пород (граб, хмелеграб, липа) плоды способны держаться в воздухе благодаря сохраняющимся на них крыловидным предцветникам.

У всех видов тополей и ив при основании семян имеются волосистые парашюты, в виде пучков волосков, благодаря чему семена могут относиться ветром на весьма значительное расстояние от дерева.

Дальность же рассеивания крылатых семян является довольно ограниченной. По наблюдениям английского ученого в Сингапуре, самое дальнее расстояние, на которое относятся от материнского дерева крылатые семена лесных деревьев, составляет всего 91 м (*Scientific American*, 1911, 22 July). Это сомнительно, в частности, относительно сосны (занос южных рас под Москвой).

Обыкновенно предполагают, что семена ели, лиственницы и горной сосны рассеиваются от материнского дерева на расстояние 1000 м и даже дальше. Семена веймутовой сосны рассеиваются по радиусу до 1000 м от дерева. Крылатки остролистного клена в большом количестве отлетают от материнского дерева на расстояние 300 м.

Кроме воздушных течений, при распространении многих древесных пород важную роль играют также птицы, поедающие плоды и семена, а равно землерои (мыши) и некоторые другие животные.

Поедая плоды, птицы разносят семена всех ягодных кустарников, причем последние распределяются между определенными видами пернатых, как разносителей семян; так, ворона поедает и разносит красную бузину, дрозд—рябину, а при недостатке ее—слабительную крупину, боярышник. Приманкой птиц служит яркая окраска плодов ко времени их созревания, причем красный цвет преобладает у плодов, созревающих еще при наличности зеленой листвы растения, черный или синий—у плодов, поспевающих

уже после пожелтения листья (черемуха, черная бузина, дерн, черника) или, наконец, является белый цвет у плодов, достигающих полной зрелости лишь после осыпания листьев, так как на темном фоне оголенных ветвей белые плоды хорошо заметны издали (*Cornus sibirica*).

Подобно ягодным кустарникам, такая же специализация животных разносителей семян наблюдается в отношении многих древесных пород; так, кедровка разносит кедровые орехи, сойки и лесные голуби—желуди дуба и орешки бука, клесты—сосновые семена, мыши—желуди дуба, белка—лещину. Собранные животными плоды помещаются про запас в земляные норки и другие укромные кладовые, и оставленные, забытые в этих кладовых плоды затем, в свое время, прорастают.

Период покоя семян древесных растений, по опадении их, до начала прорастания, сравнительно с травянистыми растениями, — весьма продолжительный; так, у хвойных он длится до 3 недель, у желудей—до 3—4 недель, у граба и липы—1 год, а часть семян липы всходят только через 2 года; лишь семена немногих пород, как березы, тополя, ивы и ильмовых всходят через несколько дней. Такая продолжительность периода покоя лесных семян, недостаточно еще выясненная с физиологической стороны представляет собой весьма важный биологический фактор, затрудняющий размножение и распространение на земле деревьев и кустарников, по сравнению с травянистой растительностью.

Путем так называемого йодного числа, показывающего, сколько йода (% поглощается маслом, Г. В. Пигулевский<sup>1</sup> в 1916 г., исследовав масла плодов многих древесных растений из сем. розоцветных (яблони, груши, рябины, лавровишни) и из рода *Pinus*, установил тот факт, что растения, живущие на севере, способны производить жирные кислоты большей степени ненасыщенности (т. е. с большим йодным числом), чем виды более теплых стран. Следовательно, в семенах северных видов заключается повышенное содержание веществ (масел), обладающих большой химической активностью, т. е. веществ, легче подвергающихся процессам окисления, распада и пр.

Поэтому, например, семена северной расы обыкновенной сосны (Норвегия, б. Архангельская губерния), требуя меньше внешнего тепла, прорастают при посеве в б. Московской губернии гораздо быстрее (через 11 дней), чем семена местной, московской сосны (через 22 дня).

Почвенный покров оказывает весьма существенное влияние на прорастание семян, развитие древесных всходов и на равномерность распределения их по площади.

Травянистая растительность—злейший враг лесовозобновления и жизни леса. В природе встречаются две крайности в состоянии почвенного покрова: или а) покров очень скудный и редкий, и почва почти обнажена (сухой песок), или же, наоборот, б) покров густой, травянистый, как в луговой формации. В первом случае семена не прорастают за недостатком влаги, или если и прорастают, то всходы погибают на первых же порах их жизни от сухости почвы.

С другой стороны, густой травянистый покров задерживает на себе семена, не допуская их до минеральной почвы, и поэтому семена не всходят; если же некоторые из них и прорастают, то всходы за недостатком влаги и света гибнут; пробираясь до почвы безнадежно через плотные сплетения корней дернины, слабые корешки всходов погибают от сухости, а с ними гибнут и самые всходы.

Подобные же затруднения естественному лесовозобновлению представляет также и моховой покров, в особенности при значительной его толщине. Таким образом, каковы бы ни были приемы рубки спелого леса, при наличности семян и благоприятных условий для рассеивания их необхо-

<sup>1</sup> Г. В. Пигулевский. Влияние климатических условий на состав жирных масел растений. Журнал «Природа», 1916, сентябрь.

димы троякого рода мероприятия в интересах естественного лесовозобновления:

1) нужны меры против развития трав на вырубках, для чего важнейшими средствами являются: а) создание густого древостоя, б) воспитание сложных форм насаждений и в) затенение вырубки стеной соседнего насаждения или оставляемыми на местах рубки деревьями;

2) защита почвы от действия прямых солнечных лучей, так как в начальной стадии своего развития древесное растение очень чувствительно к высокой температуре верхнего слоя почвы и недостатку влаги и

3) рыхление почвы как в целях борьбы с травой, так и в интересах сбережения почвенной влаги.

В лесоводстве различают рубки: сплошные, постепенные и выборочные.

При сплошной рубке подлежащее возобновлению спелое насаждение срубается сразу, в один прием.

Постепенная рубка, или семенная лесосека, заключается в том, что подлежащее возобновлению спелое насаждение срубается постепенно, в несколько приемов, путем закладки последовательных рубок, по мере появления нового поколения леса под изреживающимся пологом временно оставляемых на корню материнских деревьев.

Выборочной рубкой называется такая, при которой из насаждения выбираются лишь некоторые, более крупномерные деревья, остальные же остаются на корню до тех пор, пока они не достигнут надлежащих размеров.

Остановимся сперва на первом приеме рубки.

### ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЕ В ВЫСОКОСТВОЛЬНИКАХ ПРИ СПЛОШНОЙ РУБКЕ

При сплошной рубке возобновление лесосеки ожидается путем налета семян от соседних насаждений.

Сплошная вырубка леса внезапно нарушает на данном месте все установившиеся отношения—световые, водные, тепловые, ветровые, фаунистические и другие, вследствие чего на лесосеке, между прочим, происходят сильные изменения в почве и покрове, с быстрым разложением перегноя.

В частности, на ней сильно изменяются гидрологические условия: те 20—50% годовых осадков, которые ранее задерживались пологом леса, теперь достигают до почвы; при этом, если нет поверхностного стока, этот избыток осадков способствует увлажнению почвы и грунта, а иногда, при медленности вертикального просачивания воды (например, на глине или твердом песчанике), вызывает и заболачивание почвы, с появлением гидрофильной растительности (в Привислянье и на севере СССР), пока корни срубленных деревьев не подвергнутся в земле разрушению, образуя при этом хорошую вертикальную систему дренажа, благодаря которой в сильной степени увеличивается просачивание ниспадающих осадков в почву и грунт.

Если же, наоборот, поверхность лесосеки имеет склон, то после срубки леса большая часть атмосферных осадков может поверхностно стекать, обуславливая иссушение почвы и грунта.

При сплошной лесосечной рубке семена наносятся на лесосеку ветром от прилегающего к ней насаждения. Предстоящая стена леса служит источником семян; вместе с тем она является и средством затенения и защиты возобновляющейся лесосеки от неблагоприятных внешних влияний; главным неблагоприятным условием для возобновления сплошной лесосеки (за исключением сухих почв) является травянистая растительность, быстро заселяющаяся на ней немедленно после срубки леса. Трава—важнейшая причина неудачи естественного лесовозобновления; в этом обстоятельстве—одна из самых невыгодных сторон сплошно-лесосечной системы рубки.



В борьбе за место, за существование травы обладают многими преимуществами перед древесными растениями; важнейшие из них: 1) обилие семян, 2) легкость их, 3) быстрота всхожести, 4) быстрота роста трав и 5) размножение корневищами.

После срубki насаждения, в живом покрове лесосеки происходят глубокие изменения и в флористическом составе, и в численности растений, — изменения, к сожалению, пока еще не вполне исследованные в различных типах насаждений, несмотря на большой биологический интерес и практическую важность этого предмета<sup>1</sup>.

Изменения эти идут в трех направлениях:

1) на свежей лесосеке быстро исчезают и вымирают травы-тенелюбы, представляющие собой чисто лесные растения, а именно:

усменник пахучий (*Asperula odorata*);  
сапожки-башмачки (*Cypripedium calceolus*);  
вороний глаз (*Paris quadrifolia*);  
звездчатка большая (*Stellaria Hollostea*);  
пролеска многолистная (*Mercurialis perennis*);  
кислица заячья (*Oxalis acetosella*);  
папоротник (*Aspidium Filix mas*);  
копытень (*Asarum europaeum*);  
орляк (*Pteris aquilina*);  
грушанка (*Pyrola secunda*);  
лузырник (*Cystopteris fragilis*);  
сныть (*Aegopodium podagraria*);  
брусника (*Vaccinium vitis idaea*);

2) быстрое размножение корневищами и семенами остальных трав, прозябавших под пологом насаждения, и

3) занос на лесосеку семян различных трав со стороны. Этот налет семян длится несколько лет подряд, в общем занесенные травы составляют от 30 до 60% общего числа видов на лесосеке.

В конечном результате, по прошествии нескольких лет после срубki леса (5—8 л.), флора лесосеки, по-видовому составу, весьма существенно отличается от лесной флоры.

О флоре лесосеки всегда можно наперед составить приблизительно общее представление по флоре опушек леса.

Количественные изменения, то есть по числу экземпляров растений, в покрове лесосеки еще более значительны, чем качественные. Общее число растений на единице площади лесосеки, по сравнению с покровом под пологом леса, через 3—4 года увеличивается в 6—8 раз (т. е. вместо 1 млн. экземпляров на 1 га под пологом на лесосеке является до 8 млн. растений).

Еще более разительна должна быть перемена в весовом отношении, о чем можно судить по величине растений, сопоставив миниатюрную безобидную *Oxalis*, например, с дерниной высокой осоки или кустом иван-чая.

1. Ширина лесосеки имеет весьма важное значение для успеха лесовозобновления. Эмпирически принято, что в хвойных лесах ширина эта не должна превышать двойной высоты срубаемого насаждения, то есть при  $H = 21—27$  м она равняется 42—54 м. Это есть лесосека средней ширины; при большей ширине она считается широкой. При ширине же, не превышающей среднюю высоту срубаемого насаждения, лесосека называется узкой<sup>2</sup>.

Узкие лесосеки имеют за собой разнообразные преимущества по сравнению с средними и широкими, так как они обеспечивают:

<sup>1</sup> Поучительна в этом отношении работа бывшего студента Академии П. Боброва «О возобновлении лесосек в сосновой части Погонно-лосинового Острова» по его исследованию летом 1906 г. (см. «Известия Московского с.-х. института», 1907, кн. 4).

<sup>2</sup> Зная наибольшую высоту весеннего солнцестояния в данной местности, можно вычислить максимальную ширину отеняемой с юга полосы, в зависимости от средней высоты спелого насаждения.

- а) лучшее обсеменение от стены леса, другими словами, на единицу площади приходится большее количество осыпавшихся семян;
- б) отенение почвы против иссушения бедных почв инсоляцией и ветром и в интересах задержания роста трав—на плодородных почвах;
- в) защита всходов от зноя и холода;
- г) равномерность распределения снежного покрова и медленность таяния снега, что обуславливает лучшее увлажнение почвы снеговой водой.

Чем беднее и суше почва, тем уже должна быть лесосека. То же относится и к сухому климату, по сравнению с влажным (так, юго-восток СССР и юго-западные губернии).

Что касается длины лесосеки, то она не имеет значения с точки зрения успешного лесовозобновления.

II. Рубка должна быть против ветра. Это—необходимое правило в интересах как рассеивания семян, так и предупреждения ветровалов.

Ветер—главное средство рассеивания семян на лесосеку от предстоящей стены леса, если семена имеются в наличности.

Количество же наличных семян зависит прежде всего от того, насколько стена леса подготовлена с семяношением; при сплошной рубке деревья, образующие эту стену, сразу выставляются на простор и, следовательно, совсем не подготовляются к обсеменительной функции, что, несомненно, представляет существенный недостаток этого способа рубки.

При наличности же семян направление и сила ветра, господствующего в течение того периода, когда разлетаются семена с материнских деревьев, образующих стену, имеют решающее значение для хода лесовозобновления.

Направлением ветра определяются те места, где распределяются осыпавшиеся семена, а от силы ветра зависит дальность расстояния разброса семян от материнских деревьев.

Эту зависимость лесовозобновления от ветра всегда надо иметь в виду при выборе времени и порядка рубки спелого насаждения.

Как уже было сказано выше, период лёта семян очень непродолжителен, колеблется из года в год в сравнительно ограниченных пределах.

Эта кратковременность лёгного периода или периода осыпания семян является фактором, неблагоприятным для возобновления многих пород на сплошных лесосеках.

Капризные изменения в направлении ветра, случающиеся за этот период времени, могут совершенно не оправдать ожиданий лесохозяина.

В сухие дни весной обильно осыпавшиеся семена хвойных деревьев (сосна, ель) разносятся тем ветром, какой случайно дует в эти дни.

По произведенным в Петровской лесной даче наблюдениям над направлением ветра в период осыпания сосновых семян установлена крайняя изменчивость направления этих ветров в различные годы.

Так, из общего количества осыпавшихся семян весной 1911 г. пришлось на юго-западные ветры (SSW, SW, SWW) 30,8% и на северо-восточные (NNE, NE, ENE) 29,0%; в следующем же, 1912 г. на юго-западные ветры досталось всего лишь 15,7% семян, тогда как северо-западными ветрами рассеяно семян 40,8% и затем юго-восточными—12,1%.

Весной 1905 г. большинство осыпавшихся семян (78,2%) рассеивалось юго-западными ветрами, а на северо-западные пришлось лишь 12,1% семян; а в следующем, 1906 г. преобладающее рассеивание семян (80,5%) наблюдалось при юго-восточных ветрах (SSE, SE, ESE), на юго-западные же ветры досталось лишь 11,6% семян (рис. 58 и 59).

Более ранний 1904 г. занимал в этом отношении промежуточное положение между только что названными годами (1905 и 1906): на западные ветры пришлось 52% семян и на восточные ветры—29% семян.

Таким образом, с точки зрения доставления на лесосеку семян от предстоящей стены леса правило о рубке леса против ветра имеет лишь весьма условное значение.

В районах с преобладанием сухого климата, например в юго-восточной и южной частях СССР, где в течение вегетационного периода испаряемость (в эвапориметрах) превышает количество выпадающих осадков и потому есть опасность гибели древесных всходов от инсоляции и недостатка почвенной влаги, следует непременно вести рубку в направлении с севера на юг, в особенности если лес занимает сухую почву, состоящую из песка или супеси. При таком направлении рубки лесосека полностью или в значительной части защищена с юга стеной леса.

Давно уже лесоводами подмечено, что на сухих почвах лучшее возобновление бывает в южной части лесосеки, где больше влаги в почве, и нередко совсем плохо оно вдоль северной стороны лесосеки, где нет тени от леса.

III. Семенники. Вследствие капризного направления ветра в период рассеивания семян, часто ставящего лесовозобновление в безотрадное положение, когда урожай семян сносится ветром не на лесосеку, а внутрь леса, а также ввиду того, что части лесосеки, не затененные стеной леса, не пользуясь защитой в отношении почвенной влаги и покрова, представляют неблагоприятные условия для прорастания семян и жизни древесных всходов, — в лесоводстве пользуются особой мерой — оставлением семенников на лесосеке в количестве 30—60 шт. на 1 га, в интересах обеспечения полного возобновления и притом в возможно короткий срок. Независимо от плодоношения семенники полезны также для отенения почвы и защиты всходов от солнцепека и холода.

На семенники могут оставляться деревья всех пород, за исключением лишь ели и осины, которые, вследствие поверхностного развития корневого аппарата, по выставлении на простор, легко подвергаются ветровалу.

На семенники выбираются в подлежащем срубке насаждении те деревья, которые, при здоровом состоянии, отличаются хорошо развитой кроной, обещающей, по выставлении на простор, обильное плодоношение.

Избранные деревья распределяются по площади рубки, по возможности, равномерно, причем, однако, принимаются в соображение изменения рельефа и почвы с тем, чтобы в местоположениях, неблагоприятных для лесовозобновления по сухости почвы или по способности ее порастать живым покровом или по другим причинам, оставлять семенники в большем числе, чем в условиях благоприятных.

Семенники оставляются обыкновенно одиночными экземплярами, за исключением, впрочем, дуба, который оставляется не иначе, как группами, ввиду того, что, по выставлении на простор, на одиночных дубовых деревьях в огромном количестве образуются из спящих почек водяные побеги, вызывается суховершинность и другие заболевания, не говоря уже о понижении плодоношения.

При выборе семенных деревьев в разновозрастном насаждении (сосна, дуб) весьма ценны, как семенники, низкорослые, суковатые деревья с низко-насажденной кроной, так называемые «первоселы»; как раньше других заселившиеся при возобновлении насаждения, эти деревья ветроупорны (ибо росли смолоду на просторе) и не подвергаются засыханию на лесосеках. Первоселы резко выделяются в насаждении своим габитусом и поэтому их легко выбрать на семенники. Для эксплуатации они, будучи дровяного качества, малозаманчивы.

В интересах полного возобновления лесосеки в возможно короткий срок представляется весьма целесообразной особая мера, в частности в сосновых насаждениях — предварительная подготовка семенников за 4—5 лет до срубki насаждения. Эта подготовка заключается в освобождении крон избранных семенников от соседних деревьев, чтобы, пользуясь светом, теплом и влагой, семенники поскорее дали обильный урожай семян. Такая подготовка деревьев важна также и потому, что, как замечено, в плодоношении семенников не наблюдается столь резко выраженной периодичности семенных годов, какая свойственна деревьям насаждения.

Без предварительной подготовки семенники по выставлению на простор дают обильное плодоношение не сразу, а по прошествии 3—5 лет, пока не разовьются надлежаще ветви и не сформируются на них шишки; а тем временем лесосека успевает задичать и уплотниться с поверхности или покрыться густой травянистой растительностью так, что даже и самый обильный урожай семян окажется безрезультатным, бесцельным.

В этом обстоятельстве кроется во многих случаях причина бесполезности, безрезультатности оставления семенных деревьев на лесосеке.

IV. Уход за почвой. В деле борьбы с травянистой растительностью наряду с вышеуказанными мерами (узкие лесосеки, семенники) целесообразными могут быть следующие мероприятия по уходу за почвой:

а) немедленная после срубки леса сдирка бороной, хотя бы частично, мохового покрова, когда он играет преобладающую роль в составе живого покрова;

б) осушка сырых мест на лесосеке;

в) умеренная пастьба скота на лесосеке, так как она препятствует появлению высокого и густого травостоя, а кроме того, местами копытами животных разрывается дернина;

г) впуск на лесосеку свиней, которые, пожирая находящихся в земле личинок насекомых, вместе с тем рыхлят почву;

д) неоспорима польза корчевки пней, в особенности в хвойных лесах, и

е) временное сельскохозяйственное пользование, как наиболее рациональная мера, направленная, с одной стороны, к использованию на выращивание зерна и других сельскохозяйственных продуктов накопленных лесом питательных веществ почвы, а с другой стороны, к разрыхлению почвы для лесовозобновления.

V. Сбережение подроста. При естественном лесовозобновлении сплошными рубками использование наличного подроста не представляет того важного значения, какое он имеет при постепенной рубке, потому, что подрост, выросший под пологом материнского насаждения, представляет собой теневую форму растений, и, будучи внезапно выставлен освещению на сплошной лесосеке, он в течение ряда лет болеет, лишь постепенно приспособляясь к новой обстановке и мало-помалу переходя в световую форму, причем в большом количестве он совершенно гибнет. Тем не менее оставление его на лесосеке заслуживает внимания не только в качестве готового культурного материала, но и как средство к обеспечению успешного лесовозобновления. Оставление подроста полезно по следующим соображениям:

1) он задерживает движение ветра и излишнее испарение влаги почвой;

2) притеняет почву, защищая ее от уплотнения и сильного промерзания зимой;

3) способствует равномерному отложению снежного покрова и медленному таянию снега, тем самым благоприятствуя увлажнению почвы снеговой водой;

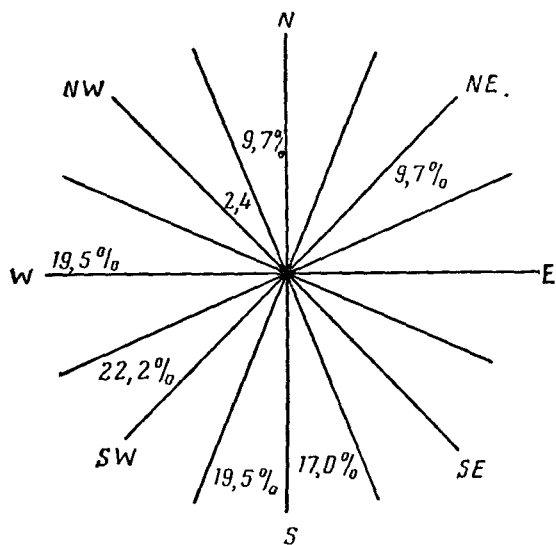


Рис. 58. Весна 1905 г. Пробный участок «Р», 3-й кв.

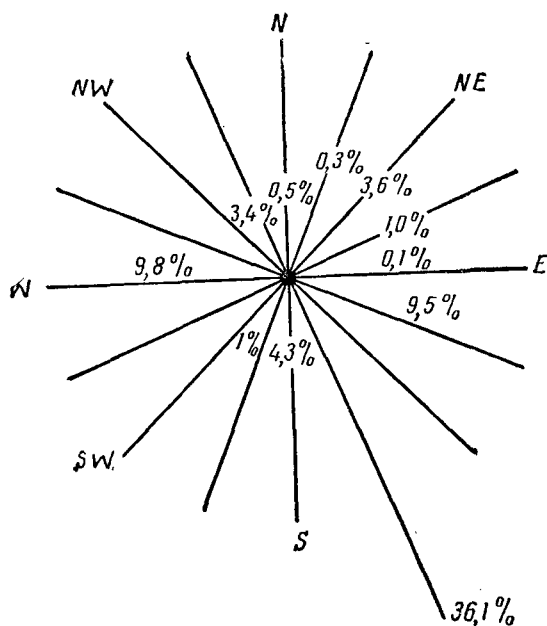


Рис. 59. Весна 1906 г.

4) задерживает рост трав и  
5) служит защитой для пород, страдающих от холода, в частности от утренников, как дуб, ель и другие чувствительные к холоду древесные породы.

Чем с большими затруднениями сопряжено естественное лесовозобновление, как, например, на почвах очень плохих и бедных, тем целесообразнее, по указанным мотивам, оставление подроста; при самых неблагоприятных условиях возобновления может быть соответственным временное оставление даже подлеска.

При необходимости использования подроста, как готового культурного материала, на лесосеке оставляется только тот подрост, который произрастает сомкнутыми группами, могущий быть сбереженным от механических повреждений при валке леса, пользуясь мощным снежным покровом зимой для заготовки. Кроме того, оставляется желаемой породы групповой подрост только хороший или вполне подающий надежду, по оправлению, быть пригодным как готовый молодой.

Пригодность подроста зависит:

1) от теневыносливости породы—лишь подрост теневыносливых пород может быть годен для оставления;

2) от возраста подростка: чем моложе подрост, тем более способен он оправляться (в Германии еловый подрост, при групповом его размещении и хорошем габитусе, оставляется при условии, что высота его не превышает 1 м) и

3) от бонитета почвы—на плодородной почве подрост менее страдает от угнетения и более жизнеспособен.

Зонтикообразный подрост или с плоской кроной, указывающий на крайнюю степень угнетения, совершенно не годится к оставлению ни при каких условиях.

Важно обращать внимание на оставление подроста в следующих типах насаждений при благоприятных для него почвенных и климатических условиях:

1) осинники или березники с подростом ели (освобождать этот подрост не сразу, т. е. проводить рубку не сплошную, а постепенную);

2) сосняк с подростом ели (на очень бедной почве подрост оставляется на лесосеке лишь для защиты почвы и вновь выращиваемой сосны);

3) сосняк с подростом дуба (к оставлению дуб годится лишь на глубокой, плодородной почве при благоприятном для него климате);

4) сосняк с подростом сосны (подрост оставляется, если нет опасности долгоносика, или там, где пни корчуются);

5) дубняк с подростом сосны (оставление подроста вполне целесообразно, где для воспитания дуба нет основания);

6) березник с подростом сосны (подрост всегда надежен).

В подлежащих срубке насаждениях с примесью осины, где можно опасаться заголения лесосеки нежелательными отпрысками осины от корней,

следует за 2—3 года до срубки произвести кольцевание осиновых деревьев или, как говорят, завяливание осины.

VI. Примыкаемость лесосек. Сплошные лесосеки закладываются с последовательным примыканием одной к другой через известный промежуток времени,—так называемый «срок примыкания»

Срок примыкания лесосек зависит главным образом от повторяемости семенных годов. Для полного возобновления лесосеки может быть недостаточно одного семенного года.

Основное правило—не закладывать рядом новую лесосеку, пока прежняя не возобновилась—подлежит строгому соблюдению. При неблагоприятном стечении внешних условий период возобновления лесосек может быть весьма продолжительным.

Необходимость соблюдать известный срок примыкания лесосек является причиной разбросанности рубок по территории лесной дачи. Эта разбросанность эксплуатации вызывается и другими мотивами:

1) из-за необходимости закладки узких лесосек;

2) лесоохранительными интересами: пожарной опасностью от скученных одновозрастных насаждений и опасностью массового повреждения их вредными насекомыми—майским жуком, сосновым долгоносиком (*Pityohius abietis*), сосновым слоппиком (*Pissodes notatus*) и др.;

3) в интересах достижения равномерности материального отпуска леса по отдельным годам и

4) общими целями, которые ставятся по отношению к лесному хозяйству потребностями населения, кустарного деревообрабатывающего промысла и фабрично-заводской промышленностью.

Для осуществления указанных задач в хозяйстве лесной дачи необходимо иметь много зарубов, то есть таких мест, в которых можно в течение ряда лет закладывать лесосеки в спелых насаждениях с тем, чтобы, производя в определенном размере рубку каждый год, иметь возможность приступить к закладке последующих лесосек, примыкающих к первоначальным, не ранее как по истечении должного срока примыкания.

Этот порядок эксплуатации леса осуществляется разделением лесной дачи на лесорубочные сечи или звенья, причем под сечей (или звеном) понимается группа лесонасаждений, которая, без вреда для смежных участков леса, может быть срублена в течение оборота рубки с соблюдением следующих четырех условий: 1) определенного возраста спелости, 2) принятого в даче направления рубки, 3) срока примыкания и 4) установленной ширины лесосеки.

На известное число такого рода лесорубочной сечи и разбивается вся площадь дачи.

Нередко, однако, оказывается, что соблюдение вышеназванных четырех требований невозможно в спелом насаждении, занимающем большую площадь. Так, спелый участок леса, по направлению рубки, имеет протяженность 200 м, и предельная ширина лесосеки 20 м; при сроке примыкания в 5 лет, и принимая один год на срубку лесосеки, итого шесть лет на каждую лесосеку,

вырубка участка растянулась бы на 60 лет ( $\frac{200}{20} \times 6$ )—срок перестоя, недопустимый ни при какой спелости! Как же быть? Как выход из этого затруднения применяется кулисная рубка, при которой под кулисой понимается узкая (13—17 м) полоса леса, оставляемая для обсеменения смежных лесосек; она остается на корню, пока не последует успешное лесовозобновление на соседних с ней лесосеках.

Спелое насаждение, подлежащее срубке, разделяется на соответственное число лесосек (4—6 или более), которые срубаются с оставлением кулисных полосок или сразу, или в течение нескольких лет.

При значительной площади спелого насаждения, в последнем на десятилетие отводятся десять лесосек принятой ширины, из которых пять срубаются

последовательно через одну, а оставленные промежуточные пять лесосек, исполняющие назначение кулис, вырубаются последовательно или в следующее пятилетие, или же, при медленности возобновления, через десять лет.

Такого рода кулисная рубка называется также чересполосной.

Так как деревья в кулисах нередко подвержены ветровалу, кулисную рубку нельзя применять в ельниках и осинниках.

Как бы ни было удачно естественное возобновление сплошной лесосеки, оно почти всегда бывает неравномерным по площади лесосеки. Прежде всего непосредственно вдоль самой стены леса выделяется узкая полоска, шириной 2—3 м, на которой наблюдается редкое возобновление с плохим ростом самосева. Это происходит от двух причин: от ничтожного рассеивания здесь семян и по причине страдания появляющихся всходов от иссушения почвы корнями опушечных деревьев и задержания их кронами части ниспадающих осадков.

Слабый же нанос семян в свою очередь объясняется тем, что при ветрах, дующих со стороны леса, по причине воздухопада, на полоску стены леса попадает мало семян, которые относятся от стены на то или иное расстояние в зависимости от силы ветра, а при ветрах, дующих со стороны лесосеки, крайние деревья стены, разумеется, осыпают свои семена внутрь насаждения, а не на лесосеку.

Затем под оставленными на лесосеке семенниками всегда обрисовываются округлые площадки, на которых также наблюдается плохое возобновление. Это явление происходит вследствие иссушения на значительную глубину почвы корнями семенных деревьев и по причине раннего появления весной под этими деревьями проталин, на которых, вследствие ночных заморозков, происходит вымораживание рано пробуждающихся сходов и высушивание верхнего слоя почвы.

Гейером, Турским и многими другими лесоводами указывается, как на причину явления, на сильное освещение почвы отраженными от древесных стволов лучами солнца и на верховое отенение всходов кронами деревьев, но эта ссылка не подкрепляется никакими фактическими данными и подлежит большому сомнению, тем более, что самосева нет и с северной стороны семенника, где нет отражения световых лучей от стволов.

Ввиду указанной неравномерности распределения всходов является необходимость оказания помощи естественному возобновлению на лесосеке путем, во-первых, рассадки дичков на редицах и прогалинах или, во-вторых, севом на них семян и посадкой саженцев.

Возобновление на сплошных лесосеках лишь в редких случаях происходит сразу; это бывает тогда, когда рубка производится в год обильного урожая семян, при благоприятных почвенных, ветровых и других условиях возобновления.

Но обычно в хозяйстве рубка леса ведется регулярно каждый год, не считаясь с периодичностью плодоношения и условиями рассеивания семян, а травы немедленно заселяются на лесосеке, поэтому лесовозобновление растягивается на срок в 10—15 лет и более, составляющий период возобновления, так что молодое поколение получается не строго одновозрастным, хотя различия в возрасте отдельных деревьев и сглаживаются по мере роста насаждения. По этой разнице лет молодняка, при условии оставления семенников, можно судить о периодичности урожаяв семян данной породы, а также определить продолжительность периода возобновления ее для известной нормы древостоя на единице площади.

Первые поселенцы на вырубке, благодаря произрастанию в течение 1,5—2 десятков лет на просторе, отличаются низкорослостью, сбегистостью ствола и сильным разрастанием его в сучья и сохраняют этот своеобразный габитус на всю последующую свою жизнь.

Кроме разновозрастности насаждения и наличности в нем «первоселов», продолжительный период возобновления накладывает еще третий, притом

весьма глубокий отпечаток также и на составе насаждения, а именно образовавшиеся молодое насаждение содержит более или менее значительную примесь второстепенных пород—осины, березы, ивы, белой ольхи и других, семена которых почти ежегодно в обилии успевают налетать на лесосеку за долгий период ее возобновления, и, прорастая, дают подмесь.

Вглядываясь пристально в физиономию старого насаждения, по складкам в его характерных чертах мы читаем историю его возобновления, бывшего 100—150 лет тому назад.

Так, в Петровской лесной даче Академии самые старые сосновые насаждения, приближающиеся к 100—110-летнему возрасту, красноречиво свидетельствуют нам, что сто лет назад естественное возобновление сосны было чрезвычайно медленно, требуя времени, по крайней мере, в 20—25 лет. Такая медленность лесовозобновления, недопустимая с хозяйственной точки зрения, имеется налицо и при современных условиях и обусловливается густым травостоем на суглинистой почве, почему лесоустроителем в 1862 г. и было положено в основу хозяйства здесь возобновление искусственное.

Эта же причина, несомненно, мешала возобновлению сосны и 100 лет тому назад.

На юго-востоке Европейской части СССР на песчаных почвах естественное возобновление сосны далеко не полно, требует еще гораздо более продолжительного периода времени. Так, в Бузулукском боруб. Самарской губернии таксатором В. Д. Огиевским, в целях исследования плодоношения сосны в 1912 г. в квартале 102 на очередной лесосеке в одной делянке сосны были срублены подряд все сосновые деревья, в количестве 170 шт., с определением высоты и возраста каждого дерева. По моей просьбе, копия этой ведомости была любезно прислана мне В. Д. Огиевским. По подсчете данных оказалось, что назначавшийся в рубку сосняк имел среднюю высоту 24,5 м с колебаниями от 10 до 34 м и что средний возраст его составлял 84 года, а максимальный возраст сосны был 131 год, минимальный же 52 года, то есть период возобновления этого сосняка простирался (131—52) 79 лет.

Другими словами, для получения довольно редкого соснового насаждения, в среднем 84-летнего возраста, потребовалась на его создание затрата времени почти такая же долгая, как и для роста самого сосняка (79 лет против 84 лет). Если бы нами почаше в разных местах собиралась статистика возрастного состава срубаемого леса, то, несомненно, мы были бы более умными лесохозяевами, чем в настоящее время.

При неразумной закладке сплошных лесосек (несоответственная ширина их, несоблюдение срока примыкания, отсутствие семенников или плохой выбор их, неглижирование уходом за почвой и т. д.), а также при применении сплошно-лесосечной рубки в насаждениях таких пород, которые не могут и не должны подлежать этому приему рубки, весьма часто на лесосеках происходит смена пород; взамен ценных пород появляются малоценные, лиственные; так, вместо хвойных заселяются осина, белая ольха, ива, береза и др. Эта смена, разумеется, нежелательна и невыгодна для хозяйства, но ввиду возможности гораздо худшего результата—полного невозобновления лесосеки,—и выбирая из двух зол меньшее, хозяину приходится порой довольствоваться сменой пород.

В экстенсивном хозяйстве можно было, пожалуй, и помириться с ней, как с временной, переходной стадией в процессе лесовозобновления. При этом можно было бы рассматривать тучи семян осины и березы как спасительное средство для поддержания ценных пород и считать появляющиеся осинники и березники как авангард в борьбе с страшнейшим врагом леса—травянистыми растениями, так как под этими насаждениями мало-помалу заселяются хвойные породы (ель или сосна), образуя под ними, в конце концов, хороший подрост. Однако, как показывает долгий опыт, это—плохое утешение: при продолжающемся неразумном ведении сплошных рубок раз



возникшая смена ценных пород носит тенденцию к закреплению и имеет в конечном своем результате полное исчезновение этих пород в хозяйстве.

На многих сотнях тысяч гектаров в центральной и северной части СССР за последние четверть века сосновые леса сменились еловыми и березовыми, а старые ельники окончательно сменились осинниками и частью березниками.

Дубовые рощи в средней полосе сменились осинниками!

Далее, на сухих песчаных почвах естественное возобновление сплошных лесосек сосной сопряжено с большими трудностями и с риском, причем в засушливом районе нет основания надеяться на успех оставления тщательно выбранных сосновых семенников с предварительной подготовкой их, так как семенники в этих условиях не в состоянии надлежаще защищать всходы сосны от зноя и засухи. При неправильном же ведении рубок лесосеки обрастают в пустыри и... летучие пески...

И то, и другое вместе составляют две злокачественные болячки в нашем лесном хозяйстве, для излечения которых требуются огромные затраты времени, денег и технических сил.

Кроме указанных выше недостатков, отрицательной стороной ведения сплошной рубки являются:

1) суховершинность и даже полное засыхание некоторых окраинных деревьев в стене леса частью от раскачивания порывами ветра, преимущественно же от иссушивания ветром, заключающегося в нарушении приходо-расходного водного баланса в них, это последнее имеет место и на остальных опушечных деревьях, хотя и не обнаруживается у них в резко выраженной, болезненной форме, ограничиваясь лишь уменьшением текущего прироста стволовой древесины;

2) нередко наблюдаемое почти сплошное заболевание внезапно выставленных действию света окраинных деревьев ели, пихты и других тонкокорых пород от ожога солнцем камбия на стволах, с последующим поражением хвойных деревьев короедами и

3) валка и разработка семенных деревьев, по исполнению ими своего назначения, неизбежно сопровождаются гибелью и механическими повреждениями части образовавшегося молодого поколения на возобновившейся лесосеке.

Разумеется, при искусственном лесовозобновлении многие недостатки сплошной рубки отпадают, как-то: срок примыкания лесосек, медленность возобновления, смена пород, прогалины и т. д.; отпадают также и зависимость возобновления от ветра, благодаря чему допустима большая ширина лесосеки и излишнее оставление семенников.

С другой стороны, сплошная рубка с естественным лесовозобновлением имеет за собой следующие выгоды:

- 1) простота приема рубки,
- 2) легкость контроля за ходом заготовки,
- 3) легкость учета отпуска леса, производимого по площади, а не по массе, и
- 4) отсутствие больших материальных затрат на лесовозобновление.

Ввиду этих положительных сторон сплошная рубка имеет преобладающее применение в наших лесах повсюду, где стволовая древесина находит себе полный сбыт.

Сплошная рубка совершенно непригодна в лесах дубовых, буковых, каштановых, кедровых и других пород, обладающих тяжелыми семенами, которые не могут разноситься ветром от материнских деревьев.

## ПОСТЕПЕННАЯ, ИЛИ СЕМЕННАЯ, РУБКА

Постепенная, или семенная, рубка, как уже сказано, заключается в том, что подлежащее возобновлению спелое насаждение срубается постепенно, в несколько приемов, по мере появления нового поколения леса под

изреживаемым пологом временно оставляемых на корню материнских деревьев.

При этой рубке возобновление совершается под пологом срубаемого насаждения. Она более отвечает природе леса, так как полог материнского насаждения:

- 1) непосредственно доставляет семена,
- 2) обеспечивает дружное и обильное появление самосева,
- 3) предохраняет древесные всходы от заглушения травой и от вредных атмосферных влияний, ибо полог, как облако, защищает почву от ночного лучеиспускания и от инсоляции, а также и от действия ветра, что особенно важно для всходов пород, чувствительных к холоду и страдающих от ночных заморозков (ель, дуб), и

4) защищает почву от высыхания и истощения (разложения перегной).  
Вместе с тем при этой рубке нет вредной для сообщества деревьев внешней перемены условий среды, как при сплошной рубке. Благодаря постепенности закладки последовательных рубок в насаждении, последнее место подвержено ветровалу, и поэтому семенная рубка является целесообразной, между прочим, в насаждениях из пород, малоустойчивых против ветра (ель). Затем зимой на семенной лесосеке снежный покров отлагается равномерно и мощный слой его защищает самосев от механических повреждений во время лесозаготовительных работ, периодически повторяющихся при семенной-лесосечной рубке.

В постепенной рубке различаются четыре стадии: 1) подготовительная, 2) темная, или обсеменительная, 3) светлая, или защитная, и 4) окончательная рубка.

Подготовительная рубка имеет целью:

- 1) доставить здоровым деревьям простор, необходимый для усиления плодоношения;
- 2) приучить их к напору ветра и подготовить почву для восприятия семян, путем разложения толстой подстилки, чтобы взамен ее вызвать появление редкого травостоя.

Поэтому при подготовительной рубке из насаждения удаляются:

- 1) негодные подмеси мягких пород, за исключением, впрочем, осины, которая при этом только ошкуривается кольцеобразно, с тем чтобы после заваливания срубить ее затем при обсеменительной рубке, во избежание появления корневых отпрысков;
- 2) засохшие, больные и суховершинные деревья;
- 3) деревья с угнетенной слаборазвитой корой (V и IV классов);
- 4) плохие, кривоствольные деревья, которые, не представляя ценности в качестве строево-поделочного материала, чрезмерно затеняют почву, и
- 5) весь подлесок кустарниковый.

При удалении вышеуказанных деревьев, во избежание быстрого нарушения сомкнутости полога, рубка производится повторно, понемногу деревьев каждый раз. При этом опушка, открытая со стороны господствующих ветров, по возможности, оставляется нетронутой.

Подлежащие удалению деревья, отпускаемые заготовщику, клеймятся каждое одним или двумя клеймами (в пне и на высоте груди).

В общем при этой рубке обыкновенно удаляется из насаждения около 20% наличного древесного запаса. Подготовительная рубка может быть излишней в насаждениях из светолюбивых пород, как сосна и дуб, в частности на известковых почвах, так как в этих насаждениях к возрасту спелости древостой бывает негустой.

По прошествии нескольких лет, с наступлением семенного года, в насаждениях закладывается обсеменительная, или темная, рубка перед или после осыпания семян. Наступление урожая семян у многих пород можно предвидеть по обилию цветочных почек на деревьях.

Цель этой рубки двойная: обсеменение почвы и подготовка почвы, как ложа, для восприятия, осыпающихся семян. В видах подготовки ложа производится поверхностное взрыхление почвы конной бороной или ручными мотыгами и граблями, причем почва разрыхляется или сплошь, или полками, или площадками.

В дубовых насаждениях взрыхление почвы легко достигается пастьбой свиней, если обсеменительная рубка делается перед опадением желудей на землю; при рубке же после осыхания их в предварительной подготовке почвы нет надобности, так как лесозаготовительные работы в достаточной степени обеспечивают вдавливание желудей в землю.

Впуск свиней, начиная с весны, целесообразен и в насаждениях других пород. Это—прекрасная мера для разрыхления сильно задернелых почв.

При обсеменительной рубке насаждение изреживается настолько, чтобы сомкнутость его полога наступила лет через 5 (до второго обильного урожая семян). При этом имеется в виду: 1) обсеменение почвы и от последующего года; 2) недопущение образования густого травостоя; 3) предохранение почвы от утренников и прямой инсоляции.

Следовательно, степень изреживания насаждения зависит от древесной породы, местоположения и характера насаждения.

Имеющиеся в насаждении площади с редким травостоем дают масштаб для установления степени необходимого изреживания насаждения.

Удаляются прежде всего деревья, лишенные семян и малонадежные в этом отношении; в общем же извлекается до 20—30% древесной массы. К числу оставляемых относятся, между прочим, деревья, наиболее всего пригодные для обсеменения, а из них лучшими являются деревья средних размеров с высоко прикрепленной кроной.

Для древесных пород, требующих постепенного изреживания, необходима повторность этой рубки.

Слабые изреживания, в частности, целесообразны:

- 1) для чувствительных к холоду или медленно растущих пород (ель, пихта, бук);
- 2) на плодородных почвах, способных легко зарастать густой травянистой растительностью, и
- 3) на южных и восточных склонах, так как на них сильнее проявляется иссушающее влияние ветра.

Извержение полога насаждения, при ровном местоположении последнего, производится более или менее равномерно, а при волнистом—сообразно с рельефом, причем на возвышениях, где почва более нуждается в отенении, изреживание делается слабее, чем в понижениях.

Как бы ни было обильно плодоношение в семенном году, самосев на лесосеке появляется не сплошной, а лишь групповой. Между групповым налетом, вследствие различных микроусловий, остаются места невозобновленные; они характеризуются:

- 1) задернением почвы под изреженным пологом, или
- 2) мертвой подстилкой под сомкнутым пологом, или
- 3) редким травостоем под несомкнутым пологом.

В первом случае требуется разрыхление почвы и ожидание последующего плодоношения или же следует прибегнуть к искусственной рассадке дичков; во втором—необходимо изреживание полога и ожидание семенного года; в третьем случае—отсутствие самосева объясняется или случайным нерассеиванием семян на данной площадке, или слабой семенной производительностью растущих над ней деревьев; независимо от причины приходится ждать последующего урожая семян, а при уверенности в неспособности данной группы деревьев к плодоношению—прибегнуть к рассадке дичков или подсеву семян.

Для полного возобновления лесосеки необходимо ждать второго или даже третьего семенного года, сосредоточив работы по разрыхлению почвы

или изреживанию полого преимущественно на местах, где отсутствует самосев.

Подлежащие отпуску лесозаготовщику деревья клеймятся, как и при подготовительной рубке.

После облесения площади производится окончательная рубка материнских деревьев, распадающаяся на два приема—светлая и очистная рубка.

Светлая рубка, при которой оставляются лишь деревья, необходимые для защиты всходов от вредных атмосферных влияний (утренников, солнечного припека и т. п.), а частью также для дополнительного обсеменения. Рубка может повторяться по мере повторяющейся потребности подроста в освещении. Во избежание порчи подроста валка деревьев производится с корнями, заготовка делается до сильных морозов, когда подрост обладает упругостью.

Затем, по миновании надобности в защите подроста, удаляются все остальные материнские деревья—очистная рубка; при этой рубке деревья также валятся с корнями, причем производится обезглавливание деревьев или обрубка на них сучьев.

В зависимости от возобновляемости древесной породы и состояния насаждения возобновление постепенной рубкой длится более или менее продолжительный период времени: кратчайший срок составляет: от 4—5 лет (краткосрочные семенные лесосеки), предельный—до 30—35 и даже до 40 лет (долгосрочные семенные лесосеки).

### Форма ведения постепенных рубок

Они бывают тройкого рода:

а) соединяют в одном или в нескольких спелых насаждениях в даче столько годичных лесосек, сколько лет в периоде возобновления (равном потребной повторяемости урожая—число лет защиты всходов), и одновременно на всей отведенной площади в течение данного периода лет ведутся последовательно постепенные рубки,—сперва подготовительная, затем обсеменительная и т. д. Так, если период возобновления составляет 15 лет и по плану хозяйства в даче ежегодная рубка определяется в 3 га, то в одном или нескольких спелых участках в даче отводится на 15 лет площадь в 45 га для возобновления постепенной рубкой.

Этот способ рубки, при возможности более или менее точного установления периодичности плодоношения, практикуется в чистых и однородных насаждениях бука и пихты европейской, а иногда и дуба и сосны;

б) подлежащее возобновлению спелое насаждение разделяется на узкие полосы, заложенные перпендикулярно к направлению господствующих ветров, и постепенно двигаются последовательными рубками против наиболее опасных ветров: при этом на первой подветренной полосе закладывается подготовительная рубка, на следующий год эта рубка производится на второй полосе, а на первой, если возможно, закладывается обсеменительная рубка и т. д.; в то время, как на первой полосе уже последовало возобновление, на одной из дальнейших, например на седьмой или восьмой,—только приступают к подготовительной рубке. На возобновленных полосах материнские деревья, не мешающие появившемуся под ними самосеву, держатся в запасе на тот случай, если за ненаступлением семенного года нельзя закладывать обсеменительную рубку на очередных полосах. Следовательно, спелое насаждение возобновляется не одновременно все в целом, а частями, узкими полосами.

Эта форма семенно-лесосечной рубки применяется в насаждениях, неустойчивых против ветра, например в еловых или же в сосновых на мелких почвах;

в) котловинная рубка, или выборочно-лесосечная. При вышеуказанных двух формах рубки наличным подростом в насаждении пользуются случайно,

попутно; путем изреживания полога старое вызывают появление самосева; причем изреживание производится, по возможности, равномерно по площади рубки. При котловинной же рубке в принцип возводится использование наличного подроста и рубка ведется, сообразуясь с его местоположением и большей или меньшей его наличностью.

Следуя за указаниями природы, начинается возобновительная рубка в тех местах спелого насаждения, где уже имеются группы подроста, и наличность группового подроста в том или ином пункте служит указателем вполне подготовленного природой места для исходного возобновления.

Центрами, с которых начинается возобновление спелого насаждения, являются рассеянные тут и там островки или группы подроста, уже заселившегося благодаря благоприятным микроусловиям.

Прежде всего удаляются деревья, стоящие внутри каждой группы, мешая подросту, а затем находящиеся вокруг нее, преимущественно с южной или юго-западной стороны, так как с этой стороны групповой подрост легче распространяется появлением нового самосева. Вырубкой деревьев кольцевыми площадками стараются создать благоприятные условия для появления самосева.

По мере обсеменения площадок, образованных вокруг наличного подроста, закладывается у каждой группы новая кольцевая кайма—вырубка с расширением с южной или юго-западной стороны.

Каймовой вырубкой деревьев по периферии распространяющегося подроста, площади постепенно все более и более расширяются эксцентрическими кругами, пока последние не сольются между собой и не наступит полное возобновление всего пространства, на котором произрастало срубавое насаждение. В последней стадии возобновительной операции остатки материнского насаждения, при недостаточной ветроустойчивости породы, нередко вываливаются преждевременно ветром.

При недостаточном числе групп подроста в насаждении котловинная закладка площадок, поперечником в половину высоты или не более полной высоты срубавых деревьев, делается также и на местах с редкими обособленными всходами (т. е. без резко выраженного группового подроста), где можно вполне надеяться вызвать появление группового подроста.

Таким образом, в материнском насаждении деревья срубаваются отдельными экземплярами, группами и каймами, разбросанными тут и там по площади, что с первого взгляда кажется беспорядочным, и изреживание насаждения отличается неравномерностью.

Кажущаяся беспорядочность и неравномерность такого рода рубки соответствуют природе леса и отвечают существу дела, обеспечивая наилучшее приспособление к естественной разнородности леса в отношении самосева, почвенных условий и строения полога насаждения.

При котловинной рубке, сравнительно с двумя предыдущими формами постепенной рубки, требуется более продолжительный период возобновления: в спелых насаждениях теневыносливых пород полное возобновление достигается лет в 20—30 и до 35 лет, так что молодое поколение получается разновозрастным; в насаждениях же сосновых и других светолюбивых пород оно достигается в более короткий срок.

Котловинная рубка, как нельзя более, пригодна в смешанных лесах, давая возможность создавать молодое поколение по составу желаемого смешения; она дает блестящие результаты при применении в сосновых борах Пруссии; этого же успеха надо ожидать и в борах, по крайней мере, западной части СССР.

Котловинной рубкой представляются многие выгоды:

- 1) использование наличного подроста;
- 2) меньшая зависимость от семенных годов;
- 3) хороший рост подроста и самосева в котловинах;
- 4) возможность учета особенностей почвы и насаждения;

5) сохранение производительных сил почвы;

6) групповое возобновление вполне отвечает природе леса и является средством для поддержания смешанного характера насаждения.

Отрицательная сторона котловинной рубки заключается в разбросанности лесозаготовительной операции на большой площади, удорожающей расходы по надзору, а также в удорожании стоимости доставки материалоу и в значительном увеличении трудов лесной администрации по клейменению деревьев и по отпуску леса. Неблагоприятным следствием ее является, кроме того, неравномерность материального отпуска по годам, обуславливаемая периодичностью обсеменительной рубки из-за периодичности семенных годов.

Постепенная рубка применяется в насаждениях, состоящих из пород с тяжелыми семенами: дуб, каштан, бук, граб, пихта европейская, ясень и клен, а также для пород, всходы которых в первый год жизни чувствительны к весенним заморозкам,—ель, пихта и дуб.

В заключение необходимо упомянуть, что в русской лесохозяйственной практике известным лесоводом Д. М. Кравчинским для хозяйства в еловых лесах, елово-лиственных и лиственных с еловым подростом предложена в интересах сохранения ели упрощенная постепенная рубка в два приема.

Сперва в спелом насаждении выбирается от 0,33 до 0,5 наличного числа деревьев, в том числе вся лиственная подмесь, за исключением осины, оставляя остальные деревья для обсеменения ели и защиты всходов ее; подмесь же осины завяливается кольцеобразным ошкуриванием стволов.

По прошествии 3—5—7 лет, когда последует возобновление ели и минует надобность в защите елового самосева от утренников, срубаются все остальные деревья на лесосеке, в том числе и завяленная осина.

Упрощенная постепенная рубка доступна для широкой практики, требуя сравнительно небольшого труда и надзора от административного персонала, и, как показал опыт, применение ее в северной и средней полосе Европейской части СССР обеспечивает в достаточной мере возобновление ели там, где при сплошной рубке эта порода сменяется на суглинках осиной на супесях березой, а при произрастании еловым подростом в лиственных насаждениях ель страдает и гибнет от внезапного освещения.

## ВЫБОРОЧНАЯ РУБКА

При выборочной рубке выбирают из насаждения лишь некоторые, более крупномерные деревья, большинство же деревьев оставляется на корню до тех пор, пока часть их в свою очередь не достигнет надлежащих размеров, а остальное обрекается на вымирание в борьбе за существование и удаляется из насаждения при возможности ухода за ним.

Выборка спелых деревьев производится не единичными экземплярами, а небольшими котловинами.

При единичной выборке образующиеся просветы, вследствие бокового разрастания крон смежных деревьев, скоро заполняются, и появившийся на просвете подрост поэтому заглушается. Рубка же котловинами, величиной в несколько десятков квадратных метров каждая, дает возможность более или менее нормального развития самосева, образовавшегося на вырубленных площадках.

При этом приеме выборки выборочная рубка по внешним признакам отчасти приближается к вышеизложенной котловинной или выборочно-лесосечной рубке, с тем, однако, глубоким отличием, что при выборочной рубке срок возобновления насаждения равняется возрасту его спелости.

Различают две формы выборочной рубки:

1. Выборка спелых деревьев из года в год повторяется по всей площади дачи, иначе называясь «рубкой на прииск»; при возможности сбыта

лишь крупномерных деревьев такая рубка носит название подневольной-выборочной.

Но в такой же форме выборочная рубка вполне возможна и при полном сбыте древесины.

2. Выборка спелых деревьев производится не по всей даче ежегодно, а в назначенных на известный период или даже на каждый год местах дачи, для чего вся площадь дачи подразделяется на определенное число частей, и ведется последовательное чередование выборки по территории дачи. При этом рубка в одной и той же части дачи повторяется через значительный промежуток времени (лет через 10—20 или более) с той целью, чтобы появившийся самосев мог достигнуть размеров, при которых он меньше страдает от механических повреждений при разработке деревьев и вывозке материалов.

Выборочная рубка представляет собой самую древнюю форму эксплуатации леса, когда древесина имела еще очень ограниченный спрос.

С увеличением же спроса на лес она заменилась сплошной рубкой. Эта замена совершилась в Западной Европе еще в XVIII в., а в центральной части СССР—в половине прошлого столетия. На севере Европейской части СССР и в Сибири выборочная рубка в подневольном виде продолжается до настоящего времени, как и в других редконаселенных, малокультурных областях земного шара.

Кроме того, и при полном сбыте древесины выборочная рубка применяется в так называемых защитных лесах, произрастающих на крутых склонах гор, по береговым склонам рек, на сыпучих песках, где оголение почвы сплошной рубкой недопустимо, в видах предупреждения оползней, обвалов, смыва водой почвы, образования сыпучих песков и тому подобных вредных для человека перемещений почвы, воды или снежного покрова.

Выгоды выборочной рубки следующие:

1) полное сохранение производительных сил почвы, так как последняя никогда сплошь не оголяется от леса;

2) ослабляется опасность от размыва, оползней, осыпей почвы, наводнения, снежных лавин и т. д., так как почва всегда покрыта насаждением и укреплена корневыми системами древесных растений;

3) создаются благоприятные условия для обсеменения почвы, т. е. облегчается естественное лесовозобновление;

4) полог насаждения дает защиту древесным всходам от засухи, ветра, холода и других вредных атмосферных влияний и в то же время препятствует заносу семян травянистых растений и их произрастанию;

5) насаждение меньше страдает от ветровала, снеголома и вредных насекомых (при применении ухода за ним);

6) возможность вести лесное хозяйство на малых площадях земли, благодаря чему выборочное хозяйство является самой подходящей формой выращивания древесины для мелких хозяйственных единиц.

Отрицательные стороны выборочного хозяйства:

1) большая опасность от пожаров, так как огонь с молодого подроста переходит по ветвям на смежные, более крупные деревья и может погубить целое насаждение;

2) крайняя опасность от допущения пастьбы скота, так как повсюду в насаждении имеются в разных стадиях древесные всходы, охранить которые от потравы и вытаптывания скотом невозможно; поэтому пастьбу скота нельзя допускать в выборочном лесу;

3) повреждение подростка при валке, разработка леса и вывозка материалов;

4) трудность надзора и контроля за заготовкой;

5) хлопотливость отпуска леса с учетом по пням и трудность точной таксации в выборочном лесу (в частности, определение массового прироста);

б) меньшая полндревесность стволов, вследствие разомкнутости полога, а также меньший прирост древесины по массе—хотя последнее не вполне доказано.

Необходимо отметить, что ведение добровольного выборочного хозяйства, не поддаваясь шаблону, предъявляет большие запросы к знаниям и труду лесохозяина, требуя от него, между прочим, наблюдательности и основательного знакомства с условиями среды и природой насаждения.

Считаясь с группами деревьев и даже с отдельными деревьями, выборочная рубка представляется наиболее утонченной формой лесного пользования, граничащей с садовым уходом за отдельными деревьями, и потому выборочное хозяйство рисуется как идеал отдаленного будущего.

Характерные в возрастном отношении признаки насаждений, создаваемых сплошной, постепенной и выборочной рубкой спелого леса, следующие. При сплошной рубке получается более или менее одновозрастное молодое насаждение.

При постепенной рубке образуется молодняк, в котором возрасты отдельных деревьев разнятся между собой на все число лет периода возобновления, причем если последний не превышает 20 лет, то молодое насаждение представляется I классом возраста; при более же продолжительном сроке возобновления, достигающем, например, в ельниках и пихтарниках Шварцвальда 35—40 лет, образуется значительная разновозрастность нового насаждения, колеблющаяся в пределах двух первых классов (I и II) возраста.

При выборочной рубке никогда не снимается на площади все насаждение, а выбирается только ограниченное число деревьев. Заместителями вырубленных экземпляров являются старшие из оставляемых на корню деревьев, так что насаждение постоянно остается в крайне разновозрастном состоянии, и в нем имеются представители всех возрастов—от однолетка и до дерева спелого возраста включительно.

Постепенная рубка необходима, как уже сказано, для древесных пород, обладающих тяжелыми семенами, которые падают на землю недалеко от материнских деревьев, и потому в насаждениях из этих пород не может последовать возобновления при сплошной лесосеке.

Кроме того, у светолюбивых дуба и ясеня, а также отчасти и у клена, при произрастании на плодородной почве, всходы погибают в борьбе с травянистой растительностью, сильно развивающейся на вполне освещенных сплошных лесосеках, вследствие чего, для сохранения ясеня и клена подмесью к дубу, необходима постепенная рубка, а не сплошная.

Затем некоторые породы, как бук, пихта и ель, требуют временного отенения сверху и защиты от палящего зноя или холода.

То и другое достигается постепенной рубкой, при которой всходы пользуются защитным пологом оставляемых на корню деревьев и выставляются на простор постепенно.

Многие породы, кроме того, нуждаются и в последующей защите от мороза и жары для нормального своего роста. Эта защита в молодом возрасте насаждения доставляется подмесью к главной, нежной породе других второстепенных пород.

Эта подмесь, помимо того, часто оказывает весьма хорошее влияние на рост в высоту главной породы, так сказать, подгоняя ее в этом росте, откуда и произошло и самое название «подгон», присвоенное для полезной подмеси второстепенной породы.

Подмесь должна быть создана при самом образовании насаждения. Где есть возможность пользоваться полезным действием подгона, надо всемерно способствовать его появлению и оберегать его, если он появился сам собой.

Из наших главных пород всего больше нуждаются в подгоне дуб и ель.



# ВОЗОБНОВЛЕНИЕ В ЧИСТЫХ ВЫСОКОСТВОЛЬНИКАХ

## Сосновые леса

I тип. Чистая сосна с *Cladonia*'ей, подмесь—можжевельник.

Естественное возобновление—трудная задача (засуха).

Нужна постепенная рубка (с взрыхлением почвы).

У нас на юге: сплошная рубка с искусственным возобновлением: 1) сельскохозяйственное пользование (против майского жука) или 2) рыхление почвы после посадки в течение нескольких лет.

II тип. Сосна с моховым покровом. Сплошная рубка с узкими лесосеками:

а) взрыхление почвы; б) оставление подлеска и семенников; в) корчевка и сельскохозяйственное пользование; г) сжигание елового подроста (на севере).

III тип. Сосна с травой на суглинках: 1) сельскохозяйственное пользование (до семенного года) и 2) искусственное лесоразведение.

## Ельники

Сплошная рубка: 1) возможно узкие лесосеки; 2) срок примыкания 5—6 лет; 3) оставление березок и осинки в еловом молодняке; 4) если толстый моховой слой—сдирать его; 5) оставлять еловый подрост.

Постепенная рубка.

Котловинная рубка.

Долгосрочные рубки.

## Дубяки

Сплошные рубки не годятся. Семенники сохнут. Нужна постепенная рубка. Взрыхление почвы (впуск свиней). Срок рубки 4—5 лет. Образование подгона (липа, берест и граб).

## Березники

Разрыхление и семенники.



## ХІХ. НИЗКОСТВОЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО

озобновление низкоствольников основывается на образовании у деревьев почек спящих и адвентивных (придаточных).

У деревьев огромная масса почек, образующихся ежегодно, недоразвивается и погибает, как гибнет ежегодно и множество семян, рассеиваемых деревьями.



Спящая почка—это недоразвитая почка, образовавшаяся когда-то в пазухе листа и затем в течение последующей жизни дерева оставшаяся незаметной в зачаточном виде.

Сокопроводящие пучки сосудов, которые подходят к такой почке, как и ко всякой пазушной, постоянно растут, вместе с годичными слоями, потому почка как бы выдвигается наружу (следы пучков—деревянистые штифтики на ободранной дубовой ветви).

Сок протекает мимо спящих почек; они дремлют... Но если ветвь обрещена или повреждена, или ствол срублен, то сок, оставаясь в избытке, встретив на пути спящие почки, обращается на их развитие.

Обилие питательного сока обуславливает усиленное развитие побега из почки, а также значительные размеры и своеобразную форму листьев на побегах.

Адвентивные (или придаточные) почки могут образовываться у листовенных пород на ветвях, стволах и корнях в неопределенном количестве и на всяком месте, где находится жизнедеятельный камбий. Они возникают в камбиальном слое, где отдельные группы клеток при этом размножаются быстрее остальных и образуют маленькое клетчатое тело—начало почки. Вырастая, почка эта пробивает кору, а основанием она срастается с заболонью посредством группы одревесневших клеток.

Придаточные почки образуются и на живом еще дереве, причем живут они очень не долго,—большинство умирает еще в зачаточном виде, и тем раньше они умирают, чем больше их образовалось на одном месте. Обильным, скученным образованием их объясняется свилеватость (кап).

Придаточные почки обыкновенно появляются при нарушении правильного хода жизни дерева.

Это—приспособление дерева к новым условиям после повреждения или потери ветвей у него или после потери ствола.

Придаточные почки образуются из-под коры, сейчас под раной; они появляются в большом числе, и часть их дает побеги. У некоторых пород они образуются на корнях; причем появлению их способствует механическое повреждение корней.

Появление придаточных (адвентивных) почек на пне и корнях деревьев имеет в лесоводстве важное значение; от этих почек и происходит возобновление низкоствольников; у некоторых пород (березы)—возобновление спящими почками.

Образовался ли побег из спящей почки или из адвентивной, можно решить, сделав продольный разрез в том месте, где пробился побег наружу; при образовании побега из спящей почки на разрезе виден идущий от побега внутрь ствола след почки, через ряд годичных слоев, вплоть до соответствующего года, когда образовалась спящая почка. Этого следа, разумеется, нет под побегом из адвентивной почки, образованной камбием.

Для низкоствольного хозяйства пригодны лишь лиственные породы, так как хвойные деревья, за исключением лиственницы, тисса, туи, веллингтонии и некоторых других, не дают придаточных почек на пне и корнях.

Поросль от пня и вместе с тем корневые отпрыски дают: граб, белая ольха, берест, вяз, полевой клен, съедобный каштан, айлант, белая акация, осина, тополь, ивы, вишня, слива, терн и большинство кустарников.

Появление поросли у разных пород происходит различно. Существенно зависит оно также от возраста дерева, времени и способа рубки.

К породам, производящим поросль почти исключительно только от пня, принадлежат: бук, дуб, ильм, конский каштан, ясень, клен, береза, черная ольха, липа, груша, яблоня, рябина и лещина.

Осина старшего возраста дает только корневые отпрыски.

Чем моложе дерево, тем более развита у него побегопроизводительная способность (в этом отношении у дерева нет возраста возмужалости). Срубка молодых стволов часто вызывает обильную поросль у пород, обладающих слабой побегопроизводительной способностью в старшем возрасте. Способность эта сохраняется до того времени, пока еще продолжается сильный рост в высоту. Срок этот неодинаков у разных пород; но вообще он непродолжителен.

Наиболее долго сохраняют побегопроизводительную способность дуб, граб, ильмовые, черная ольха, липа и каштан.

У немногих лиственных пород почки образуются на верхнем срезе пня (у бука, осины).

У большинства же пород почки и поросль появляются на боковой поверхности пня как на надземной его части, так и на подземной (каштан, полевой клен, лещина, рябина, черемуха и многие другие кустарники), у березы—у самой шейки пня.

За исключением бука, осины и березы, у остальных лиственных пород можно вызывать побеги из более глубоко лежащих в земле частей ствола: нужно только срубить возможно ниже, так чтобы не оставалось над землей пня. В таком случае развиваются у побега самостоятельные корни, и он, питаясь от них, помимо пня, дает самостоятельное дерево, по условиям роста и долговечности приближающееся к дереву семенного происхождения.

При высоком же пне появляющаяся на нем поросль не долговечна; не укореняясь самостоятельно, она живет, через посредство пня, исключительно корнями материнского дерева. Такое порослевое потомство весь век свой живет, так сказать, на иждивении родителей. Загнивает пень—загнивает и поросль.

Поэтому следует рубить деревья возможно ниже у тех пород, которые не дают корневых отпрысков<sup>1</sup>

Из-за этого в низкоствольниках обороты рубки сравнительно короткие: для твердых пород не свыше 50—60 лет, для мягких до 30—40 лет и для кустарников 5—10 лет.

<sup>1</sup> Исключение составляет черная ольха на залитых местах, у которой пень надо оставлять выше уровня воды, иначе вода проникает на торце между корой и древесиной и мешает образованию пневой поросли

**Другие естественные условия.** Деревья семенного происхождения сохраняют побегопроизводительную способность дольше, чем порослевые.

Свободный доступ света способствует появлению поросли. Пни, остающиеся под тенью насаждения при проходных рубках, редко поэтому дают побеги (чахлые осиновые отпрыски в ельнике).

Все местные условия, дурно влияющие на рост в высоту (мелкая, тощая или сухая почва и т. д.), способствуют обильному появлению поросли, но она при этом не отличается хорошим ростом.

Время рубки оказывает большое влияние на обилие поросли. Самая обильная поросль бывает при весенней рубке, но она легко портится при заготовке и вывозке леса; кроме того, пни ослабляются истечением сока и легче подвергаются загниванию.

При летней рубке поросль (тоже обильная) не успевает одеревенеть к осени и побивается осенними морозами. Во время зимней рубки, при глубоком снеге, невозможно оставлять низкие пни.

Поэтому рубка в низкоствольниках производится преимущественно осенью, после опадения листвы.

При осенней рубке выгоды:

- 1) благодаря ранней очистке лесосеки поросль не повреждается;
- 2) древесина не так легко загнивает;
- 3) получается более ценный по техническим качествам лес;
- 4) пни не ослабляются сокоотечением;
- 5) лесосека вовремя может быть пополнена посадкой.

Неудобства осенней рубки:

1) появляющаяся рано весной поросль у чувствительных пород страдает от весенних заморозков;

2) при рубке во время морозов кора легко отстает от пня.

На количество и качество поросли должно влиять время отложения запасных веществ в корнях и их обратное передвижение.

I. Превращение крахмала в масло в побегах начинается около сентября или даже конца августа. У липы—раньше других, в половине августа; у березы—в половине сентября.

II. С течением времени этот процесс усиливается. Максимум количества масла в побегах около конца октября и начала ноября, у липы—около половины ноября.

III. Затем масло от побегов передвигается в более толстые части ствола. Это передвижение начинается у тополей в первой половине ноября, у березы—во второй половине декабря.

IV. Наступает минимум масла в побегах, вследствие передвижения: у тополей—в первой половине января, у березы—в начале февраля.

V. За зимним минимумом начинается обратное передвижение масла из более толстых частей в побеги и наступает весенний максимум. Раньше всего у липы—в конце февраля. Позже всего у березы—в половине апреля.

Сроки передвижения масла, конечно, варьируют по отдельным годам в зависимости от текущих метеорологических условий. Связь эта не изучена.

На обилие и качество поросли должно влиять и количество отложенных в корнях запасных веществ, изменяющееся по отдельным годам, в зависимости от условий жизнедеятельности в течение предшествовавшего вегетационного периода. Но это не изучено.

Исключение из общего правила составляет эксплуатация низкоствольников с специальными целями: корьевые (дубняки, липняки и ивняки) рубятся весной, в соковое время (когда начинается сокодвижение), ивняки для плетения—летом (в конце июля), ветви для корма скота—в конце августа. На ольховых трясинах рубка по необходимости зимой.

**Способ рубки.** Если возобновление происходит не от корневых отпрысков, а исключительно от пневой поросли, то, как уже сказано, пень следует оставлять низкий, срезать ствол, по возможности, у самой земли.

Сруб должен быть гладкий, без расщепления пня и без отдира коры. Плоскость сруба должна быть несколько покатая, чтобы на ней не задерживалась дождевая вода. При несоблюдении этих предосторожностей пень может легко заразиться грибом и передать болезнь порослевым деревьям. При весенней рубке дают, по возможности, плоскости сруба наклон на юг, так как при этом скорее прекращается истечение сока.

Ввиду этих требований тонкие низкоствольники срезают ножницами (для стволиков 3 см) или косарями; косарями срезают, ударяя снизу вверх. Крупные низкоствольники рубятся топором, пила избегается, так как ею трудно срезать дерево у земли и остается шероховатость торца.

Толстые деревья рубят топором со всех сторон так, что пень получается со скатом во все стороны, а центральная часть срезается уже пилой.

Для обеспечения полного возобновления рекомендуется при срубке низкоствольника оставлять некоторое количество лучших, самых здоровых деревьев на перестой. Производимые этими деревьями семена обсеменяют промежутки, могущие образоваться за утратой отдельными пнями побегопроизводительной способности.

Из отдельных хозяйств особенное значение представляют дубовые низкоствольники—корьевые.

Обороты рубки в них колеблются в значительных пределах, достигая 30 лет; выгоднейший оборот для корьевого дубняка считается 13—16 лет. Местоположение—защищенное от моря и холодных ветров; почва рыхлая, лучшая—песчаные суглинки и суглинистые пески. Подмесь посторонних пород к дубнякам не желательна; рубка—во время распускания листьев (в мае до июня). Сдирка—со срубленных деревьев или со стоящих, немедленно затем срубаемых.

Березовый низкоствольник очень распространен, хотя береза из всех пород наименее охраняет почву и обладает небольшой побегопроизводительной способностью. Поросль—исключительно из спящих почек у корневой шейки, нежная, ломкая; обильна она только в раннем возрасте, до 15—20 лет на порослевых деревьях спящие почки образуются уже в очень ограниченном количестве, так что дальше 2—3-го оборота побегопроизводительная способность пня не доживает. Но раннее плодоношение у березовой поросли может обеспечивать возобновление семенами, взамен погибающих пней.

Оба вида ольхи обладают большим и долгим сохранением побегопроизводительной способности; поэтому в ольшниках ведется низкоствольное хозяйство с высоким оборотом (до 60 лет).

Липняки—с неистощимой порослью. Липа более всего пригодна для низкоствольного хозяйства. Липняк на лыко, оборот около 10 лет, у нас весьма распространен и весьма выгодная форма хозяйства.

Осиновый низкоствольник вполне уместен там, где осина подвержена сердцевинной гнили. Возобновление обеспечивается корневыми отпрысками.

Ивняки преимущественно пригодны для низкоствольного хозяйства. В хозяйстве на топливо и фашичник—оборот рубки около 10—25 лет; корзиночные ивняки для плетения распространены в Германии (до 44 тыс. га) по доходности не уступают лучшим полевым культурам (на Рейне ивовые плантации дают до 2 тыс. марок валового дохода с 1 га). Культура корзиночных ивняков может иметь у нас огромную будущность.

Ивняки на корье. Значение их у нас. Важна сдирка корья по срубке уже прутьев, а не на корню.

В низкоствольном хозяйстве лесосеки можно закладывать ежегодно одна за другой; лишь в тех случаях, когда поросль чувствительна к морозам, засухам и пр., полезным является примыкание через один или через два года для защиты площадей поросли стеной леса.

Ширина лесосеки в низкоствольниках имеет сравнительно малое значение для успеха возобновления и может быть допускаема лесосека, без особого ущерба, значительно большего размера, чем в высокоствольниках. Направление

ние рубки также не имеет той существенной важности, как в высокоствольном хозяйстве. Низкоствольное хозяйство, направленное к производству древесины, дает только хворост, дрова и мелкий поделочный материал. Не требуя больших забот от хозяина, оно весьма пригодно для мелких хозяйств, тем более что при небольшой площади дачи без особенной трудности могут найти себе сбыт малоценные товары низкоствольного хозяйства.

Целесообразно оно на почвах мелких, на которых не может быть выращиваем высокоствольник.

Низкоствольное хозяйство не может приносить высокого дохода, по сравнительной малоценности доставляемого дровяного материала. С распространением минерального топлива доходность этого хозяйства имеет тенденцию к понижению, что сильно заметно, например, во Франции и побудило к переходу от низкоствольного к высокоствольному хозяйству.

**Березники.** В высокоствольных березниках эксплуатация ведется сплошными лесосеками; лесосеки могут быть довольно широкие, со сроком при-мыкания один-два года (для угнетения трав), так как урожаи семян бывают почти každогодно, притом очень обильные, и семена разносятся на далекое расстояние. При задержании почвы полезно разруление. Налет березы иногда гибнет от продолжительных летних засух, и потому полезно оставлять семенники, которые к тому же затеяют почву и задерживают рост трав.

### ВЕГЕТАТИВНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ (КОРНЕВЫМИ ОТПРЫСКАМИ)

По рубке осинового дерева от корней его образуются корневые отпрыски. Запасные вещества в корнях и живые протопласты в образовательной ткани корней, которые до срубки дерева шли на образование новых боковых корней, теперь обращаются на построение почек и развитие из них корневых отпрысков (так как после срубки дерева дальнейшее образование корней уже не нужно). При этом из некоторых живых клеток, расположенных в более глубоких слоях коры, путем деления возникает сперва тело из нижней ткани, с одной стороны пробивающееся наружу, к поверхностным слоям коры, а с другой—во внутрь соединяющееся отрогом с камбиальным слоем корня; вскоре развиваются и сосудистые пучки, посредством которых отрогообразный зачаток новой почки вступает в соединение с древесниной корня. После того, как это все совершилось, кора, наконец, прорывается и новая почка, закладывающая под своей растущей вершиной листья, выступает из места прорыва.

Срубка или сильное повреждение растения лишь благоприятствует образованию корневых отпрысков, но это не единственная причина. Толчком к образованию их служит также слабость растения от старости, когда в кроне идет усиленное отмирание сучьев и является суховершинность.

Получающиеся из корневых почек отпрыски представляются, после отмирания всей корневой системы материнского растения, самостоятельными растениями. Итак, из одной осины возникает бесполом путем целая куртина или островок осин, в количестве трех-четырёх десятков и более.


Эти осинки имеют рядовое расположение и ряды идут лучами, соответственно направлению корней материнского растения.

Отдельные корневые отпрыски появляются в расстоянии до 21 м от срубленной материнской осины.

В этой истории осины мы видим не только обновление, но и размножение ее. Не только осина, но и большое число деревьев, многие кустарники, множество многолетних трав<sup>1</sup> обладают таким же способом обновления и размножения, причем он для многих является самым верным и самым производительным способом размножения.

<sup>1</sup> Ваточник (*Asclepias Cornuti*), широколистный кресс (*Lepidium latifolium*), малый щавель (*Rumex acetosella*), различные виды льнянки и молочая, несколько сложноцветных пеларгоний.

## XX. КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕРЕВЬЕВ В СООБЩЕСТВЕ



Как уже сказано, в древесном сообществе борьба за существование между особями, между прочим, выражается в дифференциации деревьев, т. е. в их различиях по высоте, толщине, росту и другим признакам.

Вообще говоря, дифференцировка древесных растений происходит под влиянием многих факторов:

1) Индивидуальные свойства растений, заложенные в нем еще в семени. различная степень развитости зародыша и большее или меньшее количество предоставляемых ему запасных веществ, неодинаковой толщины и окраски кожура семени и т. д., вследствие чего происходят одновременность прорастания семян и различия роста уже между однолетками. Индивидуальные особенности роста с годами прогрессивно усиливаются; в 4—5-летнем возрасте растений разница в высоте, разветвленности и облиственности выступает в более резкой форме, чем в двулетках, а позднее—сильней. Между лиственными породами эти различия выражаются в гораздо большей степени, чем у хвойных пород.

2) Неоднородность среды, в частности почвенной; при этом в особенности чрезвычайно изменчиво распределение почвенной влаги, а вариабильностью распределения этого насущного элемента жизни обуславливается изменчивость корневых систем молодых деревьев; те из них, которым удается обеспечить себя большим количеством воды, проявляют сравнительно энергичный рост всей надземной части, как и своего корневого аппарата. А также вариабильность распределения в почве растворов минеральных солей.

3) Разновременность заселения древесных растений в данном месте, обуславливающая, между прочим, характерные особенности «первоселов».

4) Различие интенсивности и величины тени от деревьев различной высоты и густоты облиственности, падающей как на поверхность почвы, так и на самые растения.

5) Различие распределения снежного покрова между растениями.

6) Борьба за существование между деревьями, образовавшими собой сообщество. Этот фитосоциальный элемент играет среди других факторов первостепенную роль, начинаясь прежде всего с взаимного затенения деревьев и неравномерного на поверхности почвы распределения выпадающих осадков и расходования их

В древесном сообществе развитие ветвей и корневой системы каждого растения не свободно, а стеснено соседями; растение получает неодинаковое освещение и нагревание, неодинаковую защиту от ветра и т. д. Отсюда воз-

никают весьма значительные различия в высоте деревьев, мощности развития их крон и т. д.

Вглядываясь в любое насаждение, легко заметить стремление деревьев воспользоваться светом и простором, видеть ясные признаки, следы постоянной борьбы за существование.

Одним деревьям ранее удается занять выгодное положение, за счет своих соседей, которым приходится довольствоваться скудным освещением, тянуться ветвями в просветы, протискиваться безнадежно вершинами в древесный полог.

Следы взаимной борьбы выражаются в габитусе крон.

Уже по внешнему виду крон разных деревьев в сообществе бросаются в глаза:

1) отставшие деревья и

2) победители, или, как говорят французы, «*sujet d'avenir*» (деревья будущего).

Долгое время, примерно уже в XVI в. (Германия), в лесоводстве различали в каждом насаждении 3 категории деревьев: 1) господствующие, 2) угнетенные и 3) средние деревья, которые не господствуют над другими и не отстали в росте, не заглушены другими.

Это деление, как мало отвечающее природе насаждения и недостаточное для хозяйственных целей, оставлено.

Германские лесоводы до половины XIX в. различали в насаждении 4 класса деревьев: 1) преобладающие, 2) господствующие, 3) угнетенные и 4) отмирающие. Но были и другие взгляды: так, Буркгардт (*Burckhardt*) уже в конце 40-годов, на основании высоты и степени развития крон деревьев, предлагал установить 6 классов, с разделением участка каждого класса в составе насаждения

При этом были такие классы:

I класс — преобладающие	} главная часть насаждения
II » — господствующие	
III » — умеренно господствующие	
IV » — слабо господствующие	
V » — угнетенные	} подчиненная часть насаждения
VI » — заглушенные	

В 1884 г. талантливый лесовод Крафт предложил новую классификацию, в которой высшие классы напоминали буркгардтовскую классификацию, а в низких — резче выделялись классы между собой.

Крафтовская классификация в настоящее время вошла в общее употребление.

В основании ее критерием для различия деревьев преимущественно принято качество кроны. Это признак разумный и правильный.

Крона дерева есть аппарат, фабрикующий крахмал, сахара, масла и другие пластические вещества идущие на построение древесины. От состояния кроны зависят жизненные отправления дерева и судьба его.

Крона у слабых деревьев носит на себе явные отпечатки борьбы за существование и верные признаки, по которым можно определить степень вытеснения дерева из сообщества.

В соответствии с тем или иным развитием крон находится степень развития корневых аппаратов деревьев.

По классификации Крафта<sup>1</sup>, в насаждении принимаются следующие классы деревьев:

Класс I. Преобладающие деревья с исключительно развитой кроной. Это — «выросты», образовавшиеся или в силу индивидуальных свойств, или благодаря раннему поселению в участке, т. е. «первоселы».

<sup>1</sup> K r a f t. Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen. 1884.



В этом классе наблюдается явление гигантизма, встречающегося как в растительном, так и в животном царстве.

Таких деревьев бывает в чистых насаждениях (в %):

сосновых . . . . .	до 12
дубовых . . . . .	» 11—27
еловых . . . . .	» 2— 4

Класс II. Господствующие деревья с нормально развитой кроной, свойственной данной породе, и образующие главную массу насаждения. Этот класс—основа насаждения; на нем определяется весь цикл общих хозяйственных мероприятий, оборот, рубки, способ возобновления и разные хозяйственные улучшения.

Деревьев II класса приходится в чистых насаждениях (в %):

сосновых . . . . .	25—45
дубовых . . . . .	46—52
еловых . . . . .	51—60

Класс III. Согосподствующие деревья. Кроны у них нормальны по очертанию, но слегка видна сквозистость кроны, слаборазвитость ее, с начальными признаками отмирания ветвей. Это—«среднее сословие» в древесном насаждении.

Этот класс имеет специальное значение там, где применяется рубка простора, или свободного стояния, при такой рубке деревья III класса вырубаются разом или постепенно.

Важно различие этого класса от следующего.

Деревьев III класса по площади основания имеется в чистых насаждениях (в %):

сосновых . . . . .	25—35
дубовых . . . . .	16—25
еловых . . . . .	17—30

Класс IV. Угнетенные деревья. Кроны хилы, сдавлены со всех или с двух противоположных сторон.

Для дуба характерны коленчатые искривления ветвей.

В этом классе различаются два подкласса:

IV-а—деревья, у которых верхняя половина кроны свободна, освещена сверху, а нижняя—сдавлена, заземлена кронами соседей.

Деревья этого подкласса играют после II класса важнейшую роль. Это—самый вредный элемент в насаждении: стесняя другие деревья, в то же время и сами они неспособны выгодно продуцировать древесину.

Таких деревьев бывает в насаждении (в %):

сосновых . . . . .	10—15
дубовых . . . . .	9—19
еловых . . . . .	7—10

IV-б—деревья, у которых только лишь самые вершинки (макушка) свободны и освещены; большая же часть кроны затемнена или даже отмерла. Кроме того, крона их расположена ниже против крон предыдущих классов.

Таких деревьев приходится в насаждении (в %):

сосновых . . . . .	2—10
дубовых . . . . .	4—11
еловых . . . . .	4— 9

Класс V. Заглушенные деревья. Они вышли уже из состава древесного сообщества, кроны их расположены уже под пологом насаждения. Таких деревьев бывает в насаждении сосновом около 10% и еловом до 20%.

В этом классе различаются также 2 подкласса:

V-а—деревья с живой еще кроной, в частности, у теневыносливых пород, и V-б—деревья с мертвой или отмирающей кроной.

В общем по степени развития кроны и отчасти также по высоте деревьев Крафт установил 7 классов. Различия между I и II классом не имеют большого значения; по площади основания, по данным Крафта, на I класс приходится лишь 1—5%, тогда как на II класс не менее 40%. Во многих случаях, по мнению Крафта, можно соединять эти классы вместе. На классы IV и V приходится 6—3% всей площади оснований деревьев; следовательно, участие этих классов в насаждении тоже очень незначительно. Главную основу насаждения составляют II и III классы, т. е. господствующие и согосподствующие деревья.

Процент участия отдельных классов в составе насаждения составляет в крафтовской классификации большой успех в познании природы леса.

Деревья IV-б и V классов бесполезны в древесном сообществе. Они лишены способности плодоношения и, следовательно, не оставляют после себя потомства.

Следовательно, социальные условия древесного сообщества оказывают на эту часть его состава глубокое физиологическое влияние, обуславливая неспособность к размножению. Они тоже вызывают огромное сокращение размера плодоношения деревьев IV-а (около 0,5%), а также III класса в ельниках (до 37%).

Взаимное воздействие деревьев в сообществе не ограничивается изменением внешней формы, роста и степени плодоношения их, но распространяется и на внутреннее строение деревьев.

В практике давно уже известно, что хвойные деревья, выросшие особняком на просторе, обладают менее плотной и не столь прочной древесиной, как деревья, произраставшие в сомкнутом насаждении, и что в этом последнем удаляемые при прореживании угнетенные ели отличаются более плотной и более прочной древесиной, по сравнению с господствующими классами деревьев.

По исследованиям Бертога, в 100-летних ельниках и пихтарниках удельный вес древесины достигает максимума в деревьях III класса, уменьшаясь как в сторону угнетенных классов, так и классов большего господства (т. е. II и I), что показывает прилагаемая таблица, наряду с аналогичными данными Р. Гартига, исследовавшего удельный вес древесины в 100-летнем дубовом насаждении:

	Пихта	Ель	Дуб
I класс . . . . .	430	423	523
II » . . . . .	448	465	520
III » . . . . .	468	507	617
IV » . . . . .	436	408	592
V » . . . . .	—	—	548

По исследованиям Бертога, на крупномерных елях за последние 50 лет их жизни отношение летней зоны к весенней в годичном слое варьирует, в зависимости от классов господства, таким образом: у I класса—0,35 : 1; III класса—0,55 : I; IV класса—I : I, т. е. на угнетенной ели размеры толстоственной и тонкостенной зон годичного слоя одинаковы, что связано с большим удельным весом, значительной прочностью и высокими техническими качествами древесины, по сравнению с древесиной ели I класса.

В зависимости от степени господства деревьев в насаждении находятся, по Бертогу, и длина трахеид пихты и ели, укорачиваясь по мере перехода в сторону угнетенных классов, как это показывает следующая таблица:

		I класс	II класс	III класс	IV класс
В возрасте	90 лет	86	83	71	77
»	»	115	97	92	68
			Ель		
		110	95	75	57

В таком же порядке варьирует и толщина стенок трахеид, уменьшаясь по мере перехода к угнетенным классам ели, а именно: I класс—4,4; II класс—4,5; III класс—4,3 и IV класс—3,7.

По исследованиям Р. Гартига, на 100-летних елях различного класса господства деревьев (6 классов) тангентальный диаметр трахеид и поперечное сечение их оказалось следующее:

	I класс	II класс	III класс	IV класс	V класс	VI класс
Диаметр (мк)	40	31	33	29	29	26
Поперечное сечение (мк)	120	109	92	70	61	39

Следовательно, трахеиды на угнетенной ели сравнительно так незначительны, что в одной трахеиде господствующего класса ели могут поместиться три трахеиды наиболее угнетенного класса.

Далее Р. Гартигом при исследовании 95-летнего дубового насаждения констатируется, что число слоев оболони у дуба увеличивается по мере угнетения древесного ствола; так, при исследовании четырех поперечных сечений стволов на разных высотах (а именно: на 1,3; 5,5; 10,7 и 15,9 м) среднее число слоев оболони оказалось:

I класс	II класс	III класс	IV класс
10	15	20	22,5

Пока остается невыясненной причина этого явления: связано ли оно с недостатком красящих и антисептических веществ из-за скудости освещения или же с увеличением водопродных путей в стволе по мере его угнетения. Второе предположение правдоподобнее.

Масса сердцевинных лучей в древесине уменьшается по мере угнетения деревьев; так, на высоте груди в 140-летнем дубовом насаждении, по данным Р. Гартига, масса сердцевинных лучей от веса древесины в экземплярах составляет (в %):

I класс	II класс	III класс
8,4	6	3,7

тогда как у дубов, выросших на просторе, процентное содержание сердцевинных лучей составляет 11—12% всего веса древесины.

Это явление с физиологической точки зрения вполне понятно, если вспомнить, что в древесном растении сердцевинные лучи исполняют роль амбара, куда складываются на будущее время запасные деревья.

Форма древесного ствола, в сторону угнетенных классов, становится со временем более полнодревесной, а максимальной она является на деревьях V класса.

Наконец, надо отметить, что на деревьях V класса годовичные слои древесины откладываются на поверхности ствола не сплошь, так как кое-где уже имеются местные омертвления камбия.

Из вышеприведенных примеров и данных следует, что анатомическое строение и физиологические отправления дерева, помимо породы и физической среды (климата и почвы), в сильной степени зависят также от социальной среды, создаваемой совокупностью древесных растений, и от класса господства той или иной категории.

Эту глубокую дифференциацию деревьев в сообществе необходимо постоянно иметь в виду как при изучении строения и качеств древесины, так

и при исследовании питания, роста, плодоношения и других жизненных процессов древесного сообщества.

При всяком изучении сообщества эта дифференциация деревьев вызывает необходимость массового материала, исследования множества деревьев, а не каких-либо только 3—5 моделей.

А какое именно количество исследуемых деревьев при этом требуется, это зависит от вариационной изменчивости изучаемого признака или явления.

В продолжение всей жизни насаждения постепенно происходит постоянный переход деревьев из высшего класса в последующий, более низкий класс: так, из II класса — в III класс, из III класса — в IV-а, из IV-а — в IV-в из IV-в — в V класс. Этот динамический процесс, обуславливаемый энергией роста деревьев, представляет собой общий биологический закон древесного сообщества.

Дифференцировка деревьев в насаждениях, или точнее количественное соотношение деревьев различного сообщества, как уже сказано выше, может служить масштабом для характеристики полноты насаждений. Вместе с тем эта дифференцировка представляет собой основу мер ухода за насаждением. Эта прикладная сторона дела и послужила мотивом к общему применению классификации Крафта в лесохозяйственной практике почти всех культурных государств.

В интересах уточнения мер ухода за лесом союзом германских опытных лесных станций в 1901 г. была предложена новая классификация деревьев в насаждении, в основании которой положены как качество кроны, так и форма древесного ствола.

Эта классификация представляется в следующих чертах:

A. Господствующие деревья.

I. Стволы с нормально развитой кроной и хорошей формой ствола.

II. Стволы с нормальной кроной и с плохой формой ствола;

а) сдавленные деревья (с охлестанной кроной)—IV а класса;

б) с чрезмерно разросшейся кроной—«выросты» I класса;

в) деревья с плохой формой ствола, как-то:

двойчатки,

кривоствольные (розвальни и излучины),

близнецы,

г) больные деревья.

Б. Угнетенные деревья (выпавшие и выпадающие из общего полога).

III. Отставшие в росте—IV-б класса.

IV. Заглушенные—V-а класса.

V. Отмирающие и мертвые, а также наклоненные—V-б класса.

Насколько классификация Крафта проста и удобопомытна, настолько же сложна по своей конструкции новая классификация.


Применение ее ограничилось только постоянными пробами, заложенными союзом германских опытных лесных станций. В лесохозяйственную же практику она не вошла.

И в ней нет никакой надобности! При применении классификации Крафта в деле ухода за лесом простой здравый смысл подсказывает, что, помимо деревьев подлежащего класса, надо также удалять, при уходе, из насаждения деревья как больные и наклоненные, так и с дефектной формой ствола, обесценивающей дерево, как строево-поделочный материал, если только от этого не последует образования большого прогала в общем пологе насаждения.

В крафтовской классификации при применении ее в насаждениях важнейших наших древесных пород (сосна, ель, береза, осина, дуб и т. д.) полезно было бы детализировать и исследовать как внешние признаки, так и особенности качеств и свойств отдельных классов, а также процентное отношение этих классов в общем составе этих насаждений в зависимости от возраста насаждения и от качества почвы.



## XXI. БОНИТЕТ МЕСТА



**Н**асаждение неразрывно связано с занимаемой им почвой и связано всю жизнь, оказывая при этом влияние на почву с грунтом и на окружающий воздух и находясь вместе с тем под весьма сильным влиянием среды. Словом, насаждение с окружающей средой составляет как бы одно целое. Поэтому при характеристике насаждений принимается во внимание их обстановка, бонитет места, под которым подразумевается вся совокупность местных почвенно-грунтовых и климатических условий.

При одинаковых климатических и метеорологических условиях, т. е., например, в пределах б. Московской губернии, бонитет места для различных насаждений определяется добротностью почвы, или, иначе говоря, бонитетом почвы (т. е. качеством почвы и высотой над уровнем моря).

На практике лишь редко наблюдается соотношение между бонитетом места и добротностью насаждения; обычно это соотношение отсутствует: при высоком бонитете места бывает низкая добротность насаждения из-за редкости древостоя, вследствие повреждения леса или порубок или же по причине плохого лесовозобновления.

Бонитировкой почв определяются те ее свойства, которые имеют прямое хозяйственное значение, то есть по которым хозяин может определить, насколько одна почва отличается от другой, в какой степени она лучше или хуже ее для данной древесной породы.

Бонитировать почвы—значит разделить их по степени хозяйственного значения (по степени плодородия) на разряды, или классы.

При бонитировке сельскохозяйственных почв определяются:

- 1) тип почвы (по естественноисторической классификации),
- 2) геологические свойства почвы—мощность, подпочва,
- 3) химические свойства,
- 4) механический состав,
- 5) физические свойства почвы, главнейшие из них:

а) теплоемкость  $T$ , то есть число показывающее, во сколько раз меньше калорий требует данная почва, чтобы нагреться от  $0^\circ$  до  $100^\circ$ , сравнительно с водой равного с ней веса;

б) теплопроводность  $t$ , выражаемая числом, показывающим, через сколько времени почва, нагретая у поверхности, передает теплоту до известной степени на известную глубину; этими двумя термическими свойствами определяется теплоудерживающая сила  $f$  почвы, которая прямо

пропорциональна теплоемкости и обратно пропорциональна теплопроводности, а потому и выражается формулой  $f = \frac{T}{t}$ ;

в) влагоемкость  $v$ , выражаемая числом, показывающим, сколько весовых единиц воды удерживается 100 весовыми единицами данной почвы;

г) гигроскопичность  $H$ , то есть число, показывающее, сколько весовых единиц воды поглощается 100 весовыми единицами почвы в течение определенного числа часов, причем берутся обычно четыре последовательных промежутка времени: 6, 12, 24 и 48 часов, и

д) капиллярность.

Исследование всех элементов климата и факторов плодородия почвы, каждого в отдельности, представляется работой чрезвычайно дорогой и сложной; также крайне трудно и установление по этим факторам определенного числа бонитировочных разрядов, или классов.

С выработкой бонитировочной шкалы не был бы положен конец трудностям бонитировки почвы.

Еще затруднительнее представлялась бы оценка каждого данного места по факторам почвы и климата, с отнесением его к соответственному разряду бонитировочной классификации.

В лесоводстве поэтому с давних пор оценку бонитета места стали производить на основании роста сомкнутых насаждений в высоту или по массовому приросту стволовой древесины в определенных возрастах, то есть беря мерилom бонитировки или линейную единицу меры (метр или фут), или объемную (куб. м или куб. фут).

Нетрудно в данной лесной области найти места с лучшим и худшим ростом сомкнутых насаждений.

Сделав тем или иным путем (т. е. по высоте насаждений или по запасу стволовой массы) учет этих определенных величин роста леса, тем самым устанавливаются лучший и худший бонитеты места, то есть находятся те границы, в пределах которых в данной области происходят, в зависимости от среды, колебания роста леса в высоту или массового прироста стволовой древесины в насаждениях, а вместе с тем варьируют и условия среды, бонитеты места.

В найденных таким путем крайних пределах устанавливается определенное число классов бонитета; первоначально этих классов принималось три (хороший, средний и плохой), а позднее, путем отделения от обоих крайних бонитетов еще по одному, перешли к пяти классам бонитета места (очень хороший, хороший, средний, плохой и очень плохой). В целях точного разграничения между собой принятых классов бонитета для каждого из них устанавливались в определенных возрастах полных насаждений или средняя высота насаждений, или же средний запас стволовой древесины на единице площади. Предлагалось, между прочим, установление десяти классов бонитета места с обозначением их 1; 0,9; 0,8 и т. д., то есть по десятибалльной системе, но это предложение нигде не было осуществлено.

Так как главная цель бонитировочной классификации среды—удовлетворение практических потребностей оценки ее при земельном обложении, при организации лесного хозяйства и т. п., то в интересах точного разграничения бонитетов, одного от другого, признавалось, что число бонитетов должно быть, по возможности, настолько ограниченным, чтобы любое сомкнутое насаждение по бонитировочному признаку (высота или запас насаждения) легко могло быть отнесено к соответствующему классу бонитета места.

При установлении бонитировки места по высоте сомкнутых насаждений, как это прежде и делалось обычно, при трех классах бонитета высотная разница между лучшим и худшим насаждениями делилась на три равные части, а при пяти классах—на пять равных частей.

При пятиклассной бонитировке, в старших возрастах насаждений абсолютная разница между отдельными бонитетами места составляет около двух-трех метров, то есть разница заметна даже и при глазомерной оценке роста леса.

При установлении бонитировочной шкалы по запасу стволовой древесины в определенных возрастах насаждений, при пятиклассной бонитировке разница между отдельными бонитетами места составляет для старших насаждений также значительную величину—от 80 до 120 м<sup>3</sup> на 1 га.

Таким образом, минуя все трудности оценки отдельных факторов плодородия почвы и элементов климата, в лесоводстве мерилом бонитета места послужили или рост в высоту сомкнутых насаждений, или же количество даваемого почвой урожая стволовой древесины, т. е. величина древесного запаса на единице площади полного насаждения в определенном возрасте.

Следовательно, разделение лесных почв на классы сделано совершенно независимо от химических и физических анализов почвы и других факторов; в основание оценки положен единственный принцип—материальный результат совокупного действия всех внешних условий, воздействующих на рост леса.

Разумеется, получающиеся при этом классы бонитета—искусственные, с резкими скачками, но такая бонитировочная классификация тем не менее дает возможность судить о сравнительном достоинстве природных условий местопроизрастания леса в различных местностях на большой территории.

В нескольких отдельных германских государствах применены выработанные местные бонитировочные шкалы, при пяти классах бонитета, с принятием в основу высоты сомкнутых насаждений. В Австрии и Швейцарии, а также в Баварии, Вюртемберге и некоторых других германских государствах также составлены местные бонитировочные классификации, тоже пятиклассные, в основу которых положен запас стволовой древесины на 1 га леса в определенных возрастах.

В целях объединения основ бонитировки в 1888 г. союзом германских опытных лесных станций установлена классификация почв для каждой из главных пород, растущих в Германии, причем по древесному запасу в 100-летнем возрасте леса принято пять классов бонитета, и отнесение какой-либо почвы к соответственному классу зависит от размера запаса стволовой древесины, какой окажется в 100-летнем возрасте полного насаждения на этой почве.

Позднее для обеспечения бонитировки почв даны были запасы и для более молодых возрастов леса.

Германской шкалой запас стволовой древесины в 100-летнем возрасте полного насаждения выражается в следующих цифрах:

	На 1 га в фемтметрах		
	сосна	ель и пихта	бук
I	700	1110	720
II	550	900	580
III	420	720	460
IV	300	550	350
V	200	400	250

Смотря по тому, произведена ли бонитировка места по высоте насаждений или по запасу стволовой древесины, бонитируемые насаждения относятся не в один и тот же класс бонитета, а попадают зачастую в различные классы. Так, насаждения, отнесенные бонитировкой по высоте к I клас-

су бонитета, при бонитировке их по запасу нередко попадают во II класс бонитета.

Если представить графически данные высот и масс насаждений различных возрастов, взятые из опытных таблиц различных государств, то, при взгляде на соотношение обеих кривых (высоты и запаса), нетрудно установить, послужили ли составителям этих таблиц основанием бонитировки высота насаждений или же запас.

Так как, как уже сказано выше, в одних государствах Западной Европы бонитировка места производилась на основании высоты насаждения, а в других—по запасу стволовой массы в определенных возрастах, то, разумеется, в результате оказывается несравнимость между собой бонитировок лесных почв. Обзор опытных таблиц различных государств показывает, что еловые насаждения I бонитета, скажем в Пруссии, имеют совершенно другие запасы и иную бонитировочную оценку, чем в Швейцарии или другом государстве, как то видно из следующей таблицы с данными, относящимися к I бонитету мест в 100-летнем возрасте насаждений:

Порода и место произрастания	Ствол, масса с сучьями (м <sup>3</sup> )	Высота (м)
<b>1. ЕЛЬ</b>		
Швейцария горная . . . . .	1280 (100)	34,5 (100)
» холмистая . . . . .	1100 (86)	34,5 (100)
Южная Германия . . . . .	1100 (86)	35,0 (102)
Средняя и Северная Германия . . . . .	1100 (86)	31,8 (92)
Вюртемберг (1899 г.) . . . . .	1095 (85)	33,0 (96)
Пруссия . . . . .	826 (65)	33,3 (97)
Брауншвейг (без сучьев) . . . . .	823 (64)	34,0 (99)
» (с сучьями) . . . . .	900 (70)	—
<b>2. СОСНА</b>		
Баден . . . . .	763 (100)	29,5 (100)
Гессен, Рейнско-Майнская равнина . . . . .	641 (84)	26,1 (88)
Германия . . . . .	637 (83)	28,5 (97)
Саксония . . . . .	610 (80)	27,1 (92)
Северо-германская равнина . . . . .	600 (79)	9 2 (99)
Гессен (область пестрых песчаников) . . . . .	591 (77)	23,3 (79)
Пруссия . . . . .	470 (62)	28,0 (95)
<b>3. БУК</b>		
Зивальд (1883 г.) . . . . .	803 (100)	33,5 (100)
Пруссия (1893 г.) . . . . .	720 (90)	29,6 (88)
Вюртемберг . . . . .	721 (90)	29,8 (89)
Обергессен . . . . .	720 (90)	34,5 (103)
Баден . . . . .	711 (88)	29,4 (88)
Швейцария . . . . .	680 (85)	31,7 (95)
Брауншвейг . . . . .	670 (83)	32,0 (96)
Пруссия (1912 г.) . . . . .	583 (73)	32,5 (97)
<b>4. ДУБ</b>		
Гессен . . . . .	600 (100)	30,9 (100)
Пруссия . . . . .	441 (74)	26,6 (86)

Как видно из таблицы, в отношении средней высоты насаждений I бонитета по разным государствам нет большого различия,—колебания составляют 5—8% и редко превосходят 10%, что и понятно, так как меры ухода и другие хозяйственные воздействия оказывают на высоту насаждения весьма незначительное влияние. Что же касается величины запаса насаждений I бонитета, то она представляет по различным государствам огромные колебания, достигающие 26—27% и даже 35% (для ели) и 38% (для сосны).



Таким образом, отнюдь нельзя сказать, что I бонитет почвы Пруссии равнозначущ (равноценен) с I бонитетом Саксонии или Швейцарии.

То же самое относится и к остальным классам бонитета.

I бонитет прусской ели (в 80 лет, 746 м<sup>3</sup>) соответствует, самое большее, III бонитету швейцарской ели (782 м<sup>3</sup>), II бонитету саксонскому (766 м<sup>3</sup>), вюртенбергскому (737 м<sup>3</sup>) и брауншвейгскому (740 м<sup>3</sup>). То же самое относится и к буку: I бонитет прусский в 100-летнем возрасте леса равен II швейцарскому бонитету и II бонитету Бадена, Обергессена, Вюртемберга и Брауншвейга.

Для более низких бонитетов эта разнохарактерность или разноречивость сравнительной оценки выражается еще резче; так, V бонитет ели швейцарской (80 лет) равен II—III бонитету прусскому, III—II бонитету брауншвейгскому и III бонитету вюртембергскому.

Эти несообразности с течением времени, конечно, устранятся с принятием общей бонитировочной классификации для каждой породы по всей области ее произрастания, к чему и направлена основная цель союза германских опытных лесных станций, выступившего в 1888 г. с предложением установления единой бонитировочной классификации.

Современные опытные данные позволяют выработать бонитировочную шкалу с более совершенным расчленением классов бонитета, чем то было возможно в 80-х годах.

Необходимо, однако, заметить, что при применении единой бонитировочной классификации, хотя бы усовершенствованной против предложенной в 1888 г. союзом германских опытных лесных станций, остается весьма существенное затруднение в деле бонитировки одной и той же почвы для различных древесных пород, а именно лесной хозяин лишен возможности судить о том, какому почвенному бонитету иной какой-либо породы, скажем ели, соответствует данный класс бонитета, принятый для сосны, что важно знать, в частности, для воспитания смешанных насаждений; на данной почве, отнесенной, скажем, ко II бонитету ели, произрастают вместе с елью также сосна и пихта. К какому бонитету отнести эту подмесь или все смешанное насаждение?

Еще острее испытывается необходимость этого знания при смене древесных пород, естественной или искусственной; так, II бонитет места для ели, вследствие смены ельника, занят сосновым насаждением. К какому бонитету отнести этот сосняк? Определенная почва или данное местоположение может быть для ели слишком сухим, в то время как для сосны представляются очень благоприятные условия произрастания.

В СССР идея о лесорастительных сообществах, типах насаждений намечает иной путь для установления классов бонитета места.

Зависимость насаждения (его формы, величины роста, запаса, технических качеств древесины и т. д.) от окружающей среды (от свойств почвы, грунта, рельефа, климата и др.) настолько велика, что придает ему весьма определенный отпечаток, типичный для данных условий местопроизрастания.

По этим типичным отпечаткам насаждений может быть установлено определенное число типов среды, или бонитетов места.

В основу бонитировочной классификации лесных почв может быть положен определенный комплекс лесорастительных условий:

а) рельеф и геологическое строение места, качество почвы и грунта, метеорологические условия;

б) местный водный режим, в частности глубина залегания грунтовых вод;

в) характер и физиономия самого насаждения (его состав, форма и рост), так как нельзя бонитировать почву без отношения ее к виду растительности: для одного и того же типа среды может быть I бонитет сосны и в то же время II или III бонитет для березы;

г) характер почвенного покрова, так как от него зависит возобновляемость леса.

Такого рода бонитировочная классификация обнимала бы все типы насаждений данной породы, скажем, сосновых, начиная от исполинских кондовых сосняков, занимающих хорошо дренируемые возвышенности на пестрых мергелях, на древесно- и песчано-каменистых и песчаных почвах, и кончая карликовой сосной, растущей на плотных известняках, мелких хрящевато-каменистых грунтах и на топких торфяных болотах.

Взамен чисто казарменной шаблонности немецкой классификации такая бонитировка почв покоилась бы на рациональных основаниях. При этом явилась бы возможность, по типам условий местопроизрастания и физиономии насаждения, установить соотношение между бонитетами почвы для различных древесных пород, т. е. сказать, какому, например, бонитету для ели отвечает II бонитет сосны в данной климатической области; равным образом, можно определить эти соотношения также и по различным климатическим районам.

Народнохозяйственная жизнь в СССР, на основании многовекового опыта и наблюдений, производит подобного рода бонитировку почв при расчистке леса под сельскохозяйственные угодья, принимая при этом во внимание непременно лесорастительный покров (так, наличие орешника и дуба в южной полосе СССР, а в северной — наличие липы или белой ольхи), а также производит оценку технических качеств леса в зависимости от условий среды, установив ряд местных типов насаждений с присвоением им характерных названий и отметив, например, сосну кондовую и мяндовую.

Подобной бонитировкой среды пользовался народ и при выборе места для поселения, устроив на юге, в степной области, селения преимущественно по дну широких речных долин, а на севере, в лесной области, наоборот, избрав для этого междуречные возвышенности и холмы.

Пока еще уцелели в Европейской части СССР и Сибири естественные леса, приспособившиеся за тысячелетия к данной среде, нужно было бы произвести исследования их, с определением площади и конфигурации однородных насаждений (сосновых, еловых и пр.), в целях почвенной картографии.

Естественное насаждение своей наличием определяет местоположение и почву, а своим ростом обуславливает почвенный бонитет.

С исчезновением же природного лесорастительного покрова вместе с тем исчезает и объект для изучения естественного отбора и классификации почв.

В лесоводстве бонитировка места характеризует природные условия произрастания леса, а добротность насаждений выясняет, насколько производительность данного леса (дачи) соответствует этим природным условиям, принимая за единицу сравнения нормальное (т. е. полное и здоровое) насаждение или, соответственно, нормальную дачу.

Нашей казенной лесоустроительной инструкцией 1914 г. рекомендуются, в пределах каждого данного бонитета места, установить добротность насаждения по его полноте (§ 23), причем принимаются следующие пять категорий добротности насаждений:

Класс добротности . . . . .	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й
Полнота . . . . .	1—0,9	0,8—0,7	0,6—0,5	0,4—0,3	0,2—0,1

Бонитет же места этой инструкцией предлагается характеризовать средней высотой насаждений в определенных возрастах, причем для руководства инструкцией даются две вспомогательные таблицы (одна для высокоствольников, а другая для низкоствольников), показывающие высоты на-

саждений по семи классам бонитета для различных ступеней возрастов, считая для высокоствольников возрасты от 10 лет до 280 лет при десятилетних ступенях, а для низкоствольников—от 5 лет до 120 лет при пятилетних ступенях<sup>1</sup>.

Следовательно, по упомянутой инструкции, в отношении добротности насаждений допустимо соединение в одну группу насаждений порослевого и семенного происхождения, что противно простому здравому смыслу.

Что же касается бонитировки места, то по инструкции неизбежно отнесение в различные классы бонитета насаждений полного и редкого, произрастающих рядом на одной и той же почве, а с другой стороны—соединение в один класс бонитета совершенно разнотипных насаждений, резко отличающихся друг от друга по своей лесоводственной физиономии, биологическим свойствам, по условиям местопроизрастания и по характеру требуемых ими хозяйственных мер.

Кроме того, инструкцией совершенно не принимается во внимание и влияние климатических различий на рост в высоту насаждений. Так, сосна в б. Ленинградской и Самарской губерниях или береза в этих губерниях как показывают исследования Воргаса-де-Бедемара, растут в высоту различными темпами:

Сосна б. Петербургской губернии Высота дерева (м)						Береза б. Петербургской губернии при данном бонитете. Высота дерева (м)					
Возраст	I	II	III	IV	V	Возраст	I	II	III	IV	V
30	10,7	9,2	7,6	6,7	5,8	30	12,8	11,6	9,8	8,5	7,3
50	17,1	14,6	12,8	11,3	9,8	50	18,6	16,8	14,9	13,1	11,3
80	23,8	21,1	19,2	16,8	14,2	80	25,3	23,5	20,4	18,0	14,0
100	26,8	24,1	22,0	19,2	16,4	—	—	—	—	—	—
<i>Сосна б. Самарской губернии</i>						<i>Береза б. Самарской губернии</i>					
30	14,3	12,2	9,8	—	—	30	17,1	14,7	12,8	11,3	9,6
50	21,6	19,2	15,6	—	—	50	23,2	20,4	18,3	16,2	13,4
80	28,7	27,1	22,6	—	—	80	27,7	25,0	22,6	18,6	—
90	29,9	28,4	24,2	—	—	—	—	—	—	—	—
100	30,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Одним словом, в деле познания лесных почв нашей республики мы остаемся го-прежнему перед разбитым корытом.

В заключение необходимо обратить внимание на то, что вмешательство человека в жизнь леса весьма часто в сильной степени понижается боните места, как и добротность насаждений. Вследствие сплошной рубки лес образуются на борových почвах сыпучие пески, на склонах холмов в лесостепной области—действующие овраги, на склонах гор—голые скалы с вымытой почвой; в пониженных же местах на юго-западе и севере СССР (т. е. в областях с повышенными осадками или с пониженным испарением) сплошные рубки и пожарища на суглинках и глинах влекут за собой заболачивание почвы. Наряду с тем происходят хотя и не столь резкие, но не менее печальные ухудшения бонитета почвы от воздействия человека и при иных обстоятельствах; так, в лесостепной области в пределах высоких правых берегов рек рельеф сильно испещрен балками и оврагами; по их тальвегам про-

<sup>1</sup> Показанные в этих таблицах данные о высотах насаждений, очевидно, составитель инструкции списаны с потолка, так как в русских лесах абсолютно никаких исследований относительно высот насаждений в разных возрастах, в зависимости от качества почвы, не производилось.


На такой именно источник происхождения этих данных указывает уже то, что они относятся безразлично ко всем породам леса, как будто пихта, ель и сосна обладают одинаковым ростом в высоту.

израстают дубовые насаждения, характеризующиеся высоким бонитетом, стоящим нередко даже выше бонитетов нагорных дубрав, растущих на темно-серых почвах и деградированных черноземах. Характерной особенностью тальвежных дубрав является наличие осины, встречающейся единично и изредка группами. Применение сплошной рубки в тальвегах сопровождается усилением заморозков, от которых на лесосеках сильно страдают молодые дубки, нуждающиеся здесь в защитном пологе; вследствие этих повреждений понижается производительность вновь образующихся дубняков и бонитет места; вместе с тем на тальвежных вырубках, в особенности на влажных аллювиальных почвах, обильно появляется корневыми отпрысками осина, которая, заглушая дуб, сменяет его, что не имеет места в нагорном рельефе.

Зачастую ухудшая бонитет лесных почв, человек лишь чрезвычайно редко повышает его путем осушки сырых и болотистых почв или применением других мелиоративных мер.



## XXII. КАТЕГОРИИ НАСАЖДЕНИЙ ПО ПРОИСХОЖДЕНИЮ



По происхождению своему насаждения делятся на три категории:

- 1) высокоствольные, или семенные (все насаждения хвойных пород);
- 2) низкоствольные, или порослевые (происшедшие от пневой поросли или от корневых отпрысков);
- 3) средний лес, или порослево-семенные, когда на одной и той же площади смешаны высокоствольник и низкоствольник,

причем деревья семенного происхождения возвышаются над порослевыми, как маяки.

Поросль систематически срубается через 20—30 лет, причем оставляются семенные деревья, как маяки. При этом получают маяки однооборотные через 20—30 лет, потом маяки двухоборотные через 50—60 лет, потом маяки трехоборотные через 75—90 лет. По мере срубki низкоствольника вырубаются маяки в зависимости от нужд хозяйства—однооборотные, двухоборотные и трехоборотные.

Выращивание низкоствольника вызывается:

а) трудностью семенного возобновления (например, на заливных местах);

б) мелкой почвой, непригодной для выращивания крупномерного высокоствольника, и

в) хозяйственными целями—получение специальных материалов; дуб на корье, березовые или каштановые обручи, виноградные тычинки, корзиночные ивняки.

Лиственные породы могут составлять и высокоствольник, и низкоствольник.

Признаки порослевого насаждения сперва резки, но с возрастом слабеют.

а) Групповое расположение деревьев (вокруг бывшего пня), сохраняющееся в продолжение 40—60 лет.

Но суждение по одному групповому расположению может быть ошибочным для дуба и березы, потому что эти две породы могут образовать семенные растения группами. Сойки хранят осенью желуди в почве группами, по 4—5 шт. в ямке, с тем чтобы, прилетев с юга весной следующего года, кормиться этими запасами, но некоторые из них погибают в пути или не узнают место осенней похоронки, и благодаря этому желуди прорастают группами. Что же касается березы, то она имеет сережки по несколько семян, которые при обнаженной почве дают всходы.

б) Саблеобразный изгиб в комле ствола. Такая форма комля у некоторых пород (березы и липы) составляет характерный признак, сохраняющийся в течение почти всей жизни порослевого дерева. Но искривление деревьев семенных в молодости часто обуславливается пастьбой скота, снеговалом и другими механическими повреждениями.

в) Односторонняя скученность боковых корней и отсутствие главного корня даже у дуба. Эта деформация вызывается наличием корневого аппарата материнских деревьев, который препятствует нормальному произрастанию корневой системы поросли.

г) Широкие годичные слои в центре, обуславливающие непрочность древесины у пород, не имеющих крупных сосудов, и

д) быстрота роста в высоту в первые годы жизни при готовом корневом аппарате и запасных веществах в корнях. Это различие скоро проходящее: с жерднякового возраста низкоствольник уже отстает от семенного насаждения.

Средний лес, или порослево-семенное насаждение. Эта форма пока мало распространена в СССР:

а) маяки—единично или группами; распределение их по площади равномерное или неправильное;

б) так как маяки своими кронами затеяют находящееся под ними порослевое насаждение, то понятно, что существует тесная связь между количеством маяков и ростом низкоствольника.

Средний лес не является резко обособленным от остальных категорий насаждений, а может представлять ряд переходных форм от низкоствольника к высокоствольнику; если в нем маяков много, и притом они распределены равномерно, то такой лес приближается к высокоствольнику (двухъярусному); если же маяков мало и они сосредоточены группами, то представляется переход к низкоствольнику с оставленными на нем на перестой отдельными деревьями.

И на самом деле средний лес можно создать:

или 1) из лиственного высокоствольника, вырубив на нем большую часть деревьев для закладки порослевого насаждения,

или же 2) из низкоствольника, оставляя, при срубке его, на корню имеющиеся семенные деревья, а также внося последние путем посадки и посева.

Возможен и обратный переход—превращение среднего леса в высокоствольник или низкоствольник. И такое превращение действительно производилось (во Франции и Германии) в тех местах, где хозяйство в лесу оказывалось сравнительно маловыгодным.

Но средний лес заслуживает распространения в СССР, в частности на юге и в средних областях, где нужны и дрова, и деловой лес для ремонта хозяйственных служб и домов и для кустарных изделий.

В этом отношении полезно оставлять на маяки осину и дуб, так как эти породы годны как строительный и поделочный материал. Осина, как светолюбивая порода, не препятствует развитию низкоствольника.

## РАЗЛИЧИЕ НАСАЖДЕНИЙ ПО ИХ ФОРМЕ

А. Простой тип—один общий полог. Он редко встречается в природе и притом лишь в молодом возрасте насаждений;

а) на пожарищах и

б) на запущенных пашнях.

Чаще создаются человеком:

в) искусственные насаждения,

г) низкоствольники и

д) леса на выгонах, представляющие собой аномалию: это—расстроенная сложная форма насаждения.

Б. Сложные формы—сочетание двух или многих насаждений на одной и той же площади:

двухъярусные или двойные насаждения, трехъярусные, четырехъярусные и т. д.

I. Сложные насаждения имеют преимущества в использовании:

- а) влаги верхних слоев почвы,
- б) света, проникающего через верхний ярус насаждения, и
- в) тепла под ним (дубняк под сосняком на севере, ельник под осинником на низине).

II. Значение сложных форм в природе:

1) противодействие вторжению травянистых растений на лесную почву (в лесу нельзя бороться с сорными травами приемами, применяемыми в земледелии);

2) ослабление испарения почвы (так как нет ветра);

3) ослабление лучеиспускания почвы;

4) задержание таяния снега и поверхностного стока воды, откуда важность существования сложных форм насаждения в степях и на горных склонах;

5) второй ярус, затеняя нижние части стволов верхнего яруса, обеспечивает достижение полндревесности их;

6) если он достаточно высок, то помогает очищению от живых сучьев стволов верхнего яруса;

7) в комлевых частях стволов верхнего яруса более развита летняя зона годичного слоя за счет весенней, что способствует повышению технических свойств стволовой древесины;

8) высокая производительность древесины в сложных формах насаждений из-за лучшего использования света, влаги и т. п. и повышенного плодородия почвы:

а) подрост извлекает минеральные вещества из почвы в 4—5 раз меньше, чем трава, и

б) лучшая аэрация верхнего слоя почвы, пронизанного корнями подраста, и большее просачивание воды в почву, за счет стока.

III. Распространенный тип—двухъярусник, в котором нижний ярус

а) подросток—из ягодных кустарников (рябина, бузина, крушина жимолость),

б) подрост—из другой древесной породы (осинник с ельником, сосняк с дубняком или с ельником).

Двойные насаждения образуются из простых насаждений:

1) Путем постепенного заселения нижнего яруса, по мере самоизреживания насаждения,—благодаря налету семян и заносу их птицами и другими животными, получается двухъярусник, в котором нижний ярус всегда моложе верхнего. Нередко эта форма бывает переходной стадией от чистого молодого насаждения в смешанное простое насаждение в старшем возрасте.

2) Из простого смешанного насаждения, вследствие отставания в рост в высоту подмешанной породы, которая, наконец, и выпадает из яруса насаждения, образуя свой самостоятельный полог.

Это отставание может быть биологическим свойством другой породы в данной среде или же вызвано неблагоприятным условием местопроизрастания (дуб с липой, сосна с елью—посев).

При указанном способе возникновения сложной формы нижней ярус может быть совершенно разновозрастным с верхним или даже быть постарше последнего.

3) Когда в смешанном насаждении простой формы вырубается подмешанная порода, возобновляющаяся порослью (например, в сосново-дубовом насаждении вырубается дуб), то с появлением порослевого поколения возникает двойное насаждение.

Образующийся при этом двухъярусник может снова перейти в простое насаждение, если разница в возрасте пород не очень значительна и если притом поросль обладает быстрым ростом в высоту.

IV. Каков бы ни был путь возникновения сложной формы насаждения, существенное условие образования и развития двойного насаждения то, чтобы под пологом количество света, проникающего через верхний ярус  $\left(\frac{1}{20}, \frac{1}{30}\right)$ , превышало минимум  $\left(\frac{1}{50}\right)$  дневного света) световой потребности породы нижнего яруса. Иначе существование этого яруса непрочно.

Поэтому, например, а) он не образуется или же б) погибает; в) под густым ельником не появляется осинной (или березовой) поросли после рубки подмешанной к ели осины (или березы) и г) в молодом дубовом подросте, 15—20-летнего возраста, произрастающем в сосновом жердняке, возраста 35—40 лет, т. е. в период усиленного смыкания полога соснового, за ослаблением проникновения солнечного света, нередко бывает массовая гибель дубков, особенно в случае наступления засухи, т. е. наступления также и недостатка влаги, как то наблюдалось в Петровской даче в 1892 и 1903 гг.

Таким образом, в хвойном насаждении между обоими ярусами, в отношении их роста, состава и густоты, есть физиологическая тесная связь; чем сквозистее верхний ярус, тем лучше развивается нижний ярус и тем разнообразнее его состав.

Поэтому: 1) нижний ярус и появляется в простом насаждении лишь тогда, когда оно изредится до известной степени;

2) нижний ярус всегда состоит из породы более теневыносливой, чем порода верхнего яруса; под осинной или березой—ель; под сосной—ель или липа (на севере), дуб или бук (в средних широтах) и каштан (в южном климате).

V. Вышеуказанная связь между ярусами определяется не только световыми отношениями пород, а также и их различиями в потреблении влаги. Нижний ярус питается за счет избытка влаги, накапливаемого в верхних слоях почвы полсгом насаждения, который черпает воду из глубоких горизонтов грунта.

Будучи защищен от ветра и инсоляции древесным шатром, нижний ярус довольствуется меньшим количеством воды на транспирацию.

При этом для развития растительности нижнего яруса может иметь значение и историческое прошлое насаждения.

Возможны два насаждения, по наличным признакам совершенно тождественные во всех отношениях, имеющие на одном гектаре, скажем, по 900 деревьев 70-летнего возраста и одинаковые по естественным условиям местопроизрастания (низина с супесью, при трех метрах глубины до грунтовой воды), с той лишь особенностью, что одно насаждение росло смолоду в густом древостое (20—30 тыс. шт.), а другое—при редком стоянии деревьев (950—1000 шт.). Благодаря густоте древостоя в первом насаждении достигнуто более глубокое укоренение деревьев и тем обеспечена возможность лучшего развития теперь нижнего яруса под его пологом, сравнительно с другим насаждением, бывшим в своей молодости в редком стоянии.

VI. Насаждения с подростом из той же самой породы, которая образует верхний ярус, весьма редки в природе, но образование их к возрасту спелости составляет одну из серьезных задач естественного лесовозобновления.

VII. Насаждение, произрастающее вторым ярусом, по сравнению с однородным насаждением, пользующимся полным солнечным освещением, всегда отличается задержанным ростом в высоту и толщину, причем разница высотная оказывается тем значительнее, чем продолжительнее был период существования этого яруса. Причиной задержки роста последнего является, во-первых, недостаточность солнечного освещения под пологом, во-вторых, ограниченность почвенной влаги, порой остро испытываемая



вторым ярусом вследствие засухи, и, в-третьих, главное—недостаточность разряда атмосферного электричества с земным из-за перехватывания электричества верхним ярусом.

В результате может образоваться в нижнем ярусе зонтикообразность кроп деревьев (дуба и даже ели).

VIII. Насаждения трехъярусные, четырехъярусные и т. д. возникают из двойных с дальнейшим их изреживанием.

Крайняя форма сложного насаждения—девственный лес (и лес выборочной рубки); в нем происходит непрерывная смена старого и отмирающего—молодым.

IX. Все сложные насаждения представляют собой такую социальную форму существования деревьев, в которой наиболее рельефно выступают черты взаимодействия отдельных индивидов. Черты эти здесь выражены в самой морфологической структуре насаждения, как несколько сообществ, занимающих одну и ту же площадь земли.

Сообщество деревьев здесь, как и в смешанном лесу, определяется разнообразием требований различных видов древесных растений по отношению к жизненным условиям. Прежде всего оно диктуется различием световой потребности деревьев и, во-вторых, условиями почвенной влаги.

Затем тепловые условия, складывающиеся под пологом насаждения, обеспечивают возможность произрастания под ним пород, чувствительных к холоду и к резким колебаниям температуры, в частности к утренникам.

Поэтому на низких местах с часто повторяющимися утренниками ель заселяется подосином или подберезником, и только под такой защитой она получает возможность удовлетворительного произрастания, а без того—чахнет и гибнет; отсюда сложившееся среди лесоводов ходячее выражение: осина—нянька ели.

Древесный полог—важное культурное средство в распоряжении хозяйства-растениевода:

1) к воспитанию иноземных пород, чувствительных к холоду в первые годы их жизни (так, сахарный клен, серый орех в сосняках подмосковного района), и,

2) пользуясь защитной ролью полога, человек может подвинуть значительно на север границу произрастания многих древесных растений, еще не успевших расселиться естественно до возможных своих пределов.

На севере дуб растет лишь подростом.

Лесосады на севере, где яблони, сливы и другие плодовые деревья страдают от резких колебаний температуры.

По исследованиям проф. Любославского и студента Рудовица над кустарниками и деревьями, на поверхности листьев—наибольшая амплитуда суточных колебаний температуры воздуха.

Хозяйственные выгоды сложных форм перед простыми—те же, что и смешанных насаждений перед чистыми.

Нижний ярус, хотя бы и кустарниковый,—жизненный элемент насаждения.

Подобные же отношения существуют и в формациях луговых трав: тимофеевка с клевером—аналог березника с еловым подростом.

Воспитание сложных форм—одна из важнейших задач рационального лесоводства.

Большое поле для деятельности человека и в естественных лесах.

Естественное возникновение сложных форм характеризуется двумя отрицательными сторонами:

1) медленностью заселения нижнего яруса и

2) хозяйственной маловыгодностью его состава.

Ветер, птицы и землеройки—главные агенты расселения подроста.

Капризы ветра и гастрономические вкусы животных определяют состав нижнего яруса.

Если поблизости леса есть человеческое жилье, то, наверное, вороны, поедающие ягоды бузины, создадут, как нижний ярус, заросли бузины.

Отсюда необходимость участия человека:

- 1) удаление нежелательных пород в нижнем ярусе при уходе за лесом и
- 2) внесение путем посева и посадки нижнего яруса искусственно в виде ценных теневыносливых пород.

Взглянем на принцип многоярусности с энергетической точки зрения.

Общепризнано то положение, что вся жизнь на земле, все животное царство, населяющее нашу планету, обязано своим существованием той солнечной энергии, которая каждый год накапливается зеленым растением или была аккумулирована растением раньше, миллионы лет тому назад, и погребена в пластах земной коры, в виде каменного угля и т. п.

Все развитие техники и фабрично-заводской промышленности шло за счет этих запасов солнечной энергии, накопленных в недрах земли задолго до существования человека. Эти запасы теперь тратятся с такой быстротой, что не за горами их полное оскудение: одни определяют, что их хватит на тысячу лет, а другие—всего лишь на 500 лет и даже на 250 лет.

Человечество не научилось накапливать солнечную энергию другими способами, помимо аккумулирующей способности зеленого растения.

Во время недостатка калорий или в виде пищи, или в виде топлива живо возбуждается вопрос о наиболее рациональном использовании солнечной энергии, излучаемой на землю.

Этой энергии посылается солнцем на землю огромное количество. На 1 га земли в год посылается количество тепла, соответствующее примерно горению 5 млн. кг каменного угля, а 1 кг угля при сгорании дает около 8 тыс. ккалорий<sup>1</sup>. Таким образом, 1 га земной поверхности в среднем получает за год тепла 5 млн., помноженных на 8 тыс., или 40 млрд. ккалорий.

Из этого громадного количества калорий усваивается и аккумулируется сообществами сельскохозяйственных растений в лучшем случае 6,6%, а вся остальная энергия поступает на нагревание земли и на испарение воды с поверхности суши, а также теряется в межпланетном пространстве.

Дикая растительность дает около 2 тыс. кг сухого вещества на 1 га в год, что по калорийности соответствует 1000 кг каменного угля, то есть около 8 млн. ккалорий. На берлинских полях, при достаточном количестве доставляемой растениям воды (500 мм в год), получается до 16 тыс. кг сухого вещества=64 млн. ккалорий.

На некоторых островах Китая продукция сухого вещества достигает 20 тыс. кг=80 млн. ккалорий. Эта последняя цифра является почти предельной при оптимальных условиях, необходимых для жизни культурного растения.

Для тропических лесов, где при выпадении осадков до 10 000 мм в год встречаются сообщества растений в 20 ярусов, приблизительные подсчеты показывают, что эти естественные многоярусные сообщества древесных растений дают больше сухого вещества, чем интенсивнейшая сельскохозяйственная культура.

В этих лесах верхние ярусы представлены наиболее светолюбивыми породами, за ними в следующих ярусах обитают формы более теневыносливые, а в самых нижних—тенелюбивые. При такой многоярусности сообщества усваивают солнечной энергии на единицу площади является максимальной.

При регулировании водоснабжения растений и предоставлении им необходимых минеральных веществ в удобоусвояемой форме человечество неизбежно придет к такой культуре растений, которая будет представлять собой многоярусные сообщества. Намеки на тенденцию к такой многоярус-

<sup>1</sup> Большой калорией, как известно, называется количество тепла, способное нагреть 1 кг чистой воды от 0 до 1°.

ности имеются и ныне. Так, в Ломбардии между фруктовыми деревьями культивируется пшеница, а над ней от одного дерева до другого тянутся гирлянды винограда.

В Японии также вводятся в культуру совместно по три-четыре растения для использования солнечной энергии. И у нас в СССР тоже начинают применять посевы совместно 2—3 растений, подсевая к овсу—бобовые, ко ржи—вику и т. д.

Принцип многоярусности сообществ должен будет широко использоваться в сельскохозяйственной культуре.

В настоящее время имеется мало данных по вопросу, какой процент солнечной энергии усваивают те или иные сельскохозяйственные растения. По приблизительным подсчетам, при одинаковых условиях питания, водоснабжения, обработки почвы и т. д., усвоение солнечной энергии на 1 га для важнейших сельскохозяйственных растений составляет (в миллионах ккалорий): рожь 4,9, пшеница 4,5, овес 6,2, картофель 9,5, сахарная свекла 22,3. Как видим, разница колоссальная: культура ржи, с энергетической точки зрения, является малозначущей; культура же сахарной свеклы весьма выгодна, так как она на единицу площади почти в 5 раз больше накапливает солнечной энергии.

Исследований процента солнечной энергии, усваиваемой нашими лесохозяйственными растениями, еще никем не производилось. Выяснение сравнительной выгодности возвращения той или другой древесной породы в различных районах, с энергетической точки зрения, есть задача лесоведения ближайшего будущего. Для всех главных районов опытными исследованиями должны быть определены те древесные растения, которые являются наиболее совершенными в отношении усвоения солнечной энергии, которые дают максимальный калорийный эффект.

А при знании световой потребности различных древесных пород, на принципе многоярусности достигнуты будут рациональнейшие, с энергетической точки зрения, сочетания сложных форм древесных сообществ для главных типов условий местопроизрастания в разных районах СССР.

В лесной области Европейской части СССР преобладают 2—3-ярусные насаждения. В лесостепной области по дну балочных лесов—3—4-ярусные насаждения. На Кавказе и на Дальнем Востоке, где не было ледника, господствует третичная флора и поэтому развиты 7—8-ярусники.

В центральной полосе Европейской части СССР при разведении иноземных пород можно создавать 6—7 ярусов сложных форм насаждений.



## XXIII. САМОИЗРЕЖИВАНИЕ НАСАЖДЕНИЯ

Самоизреживание насаждений—это убыль в числе живых растений на единице площади в борьбе за существование.

Самоизреживание насаждения с увеличением его возраста есть также общий закон, управляющий жизнью лесорастительных сообществ на всем земном шаре.

Тот же закон действует и в жизни травянистых сообществ—на лугах, в степях и на полях.

С ростом индивидуумов, составляющих сообщество, более слабые экземпляры вымирают, по причине недостатка света и влаги, а также механического действия ветра.

1. Влияние возраста. Сосновых всходов на 1 га редкого посева появляется до 1 млн., буковых всходов при естественном же возобновлении бывает до 2 млн.

Эта зарождающаяся жизнь подвергается огромной смертности в первые годы ее существования. Смертность эта настолько велика, что к 20 годам жизни древесного сообщества нередко уцелевает едва 0,001 часть первоначального количества растений.

Из опытных таблиц хода роста леса наглядно видно, как убывает число деревьев в насаждении с его возрастом. Смотря по породе и почвенному бонитету, за период от 30- до 60-летнего возраста выпадает из строя 6—10 тыс. деревьев и даже 12—20 тыс. на гектаре в то время, как за следующее 30-летие, от 60 до 90 лет, отмирает всего только 2—3 тыс. деревьев, а на хорошем бонитете даже лишь 500—600 деревьев.

Следовательно, убыль числа деревьев в сообществе совершается во времени далеко не равномерно; до 50- или (у теневыносливых пород) до 60-летнего возраста она быстро возрастает; достигнув к указанным годам кульминации, затем она становится все слабее и слабее.

Для всякой породы имеется свой определенный период максимального самоизреживания по массе отпада, а не по числу особей; так, у сосны в средних широтах она наступает в 40—50-летнем возрасте. С известного возраста жизни насаждения, смотря по породе и бонитету места, борьба за существование в сообществе ослабевает и процесс самоизреживания затухает.

Эти положения могут быть иллюстрированы следующей таблицей, в которой для ели, сосны и дуба на лучшем бонитете в Северо-Германской равнине представлены с возрастом данные об убыли количества деревьев на 1 га как абсолютного, так и процентного, принимая число деревьев в 25-летнем возрасте за 100:

Порода	Возраст (лет)						
	25	40	60	80	100	120	140
Ель . . . . .	5113	2210	1037	598	396	234	—
	100	43	20	12	7,7	5,5	—
Сосна . . . . .	4380	5170	739	480	342	265	223
	100	35	17	11	7,8	6	5,7
Дуб . . . . .	5295	1748	629	338	227	175	145
	100	33	12	16	4	3,3	2,7

Надо заметить, что в опытных таблицах показывается не общее число живых деревьев на 1 га, а только для так называемой главной части насаждений, оставляемой при промежуточных рубках на корню; деревья же, подлежащие удалению, в счет не входят, образуя так называемую подчиненную часть насаждения; и все другие таксационные элементы относятся только к главной части насаждений.

Это обстоятельство составляет, несомненно, дефект опытных таблиц крайне затрудняющий возможность (по ним) познания природы леса, так как при подразделении состава насаждения на главную и подчиненную часть большую роль играет субъективность и «утилитаризм».

В Западной Европе опытные таблицы впервые были составлены в 70- и 80-х годах прошлого столетия по материалам, собранным в сомкнутых насаждениях, в которых произведены были, в обычном порядке, лишь слабые и частью умеренные прореживания (степени А и Б). Позднее же методами перешли к прореживаниям и более сильным (степени В и С), и потому в новейших опытных таблицах показано уже меньшее число деревьев на 1 га в различных возрастах.

Ввиду особенностей в степенях прореживания в разных районах, данные опытных таблиц в различных государствах в отношении числа деревьев на 1 га представляют весьма большие различия, достигающие 30% и даже 32%, как то видно из следующего сопоставления числа деревьев на 1 га в 100-летних ельниках на трех бонитетах:

	I бонитет	II бонитет	III бонитет
Вюртемберг (1822 г.) . . . . .	545 (100%)	655 (100%)	775 (100%)
Швейцария холмистая . . . . .	500 (91%)	570 (87%)	660 (85%)
Пруссия . . . . .	396 (73%)	496 (76%)	638 (82%)
Брауншвейг . . . . .	370 (68%)	468 (71%)	607 (78%)

В Европейской части СССР имеются таблицы для 6. губерний Ленинградской, Самарской и Тульской, составленные А. Р. Варгасом-де-Бедомаром еще в начале 50-х годов; они выгодно отличаются от германских тем, что число деревьев и некоторые другие таксационные элементы в них показаны также и для подчиненной части насаждения, так что в них гораздо полнее рисуется биология насаждения.

Затем в отношении самоизреживания и вообще хода роста леса в старших возрастах надо обратить внимание на следующие обстоятельства. В нашей русской равнине по мере роста древесных растений, в связи с их возрастом, корневые аппараты их, постепенно углубляясь, наконец, достигают и развиваются в грунте, представляющем собой нередко уже особую среду, например суглинок, по сравнению с вышележащей почвой (скажем супесь), среду, в которой затруднительно движение почвенной влаги, а

рация и дыхание корней, что отражается на всем последующем росте леса, который как бы оказывается произрастающим на худшем бонитете.

В местоположениях при неглубоком залегании грунтовых вод, которые, по причине нередко повторяющихся засух в течение 2—3 лет, падают временно на 1 м и постепенно поднимаются, нередки случаи, когда корневые аппараты древесной растительности по достижении грунтовых вод, упавших или при последующем поднятии уровня их, оказываются лишенными кислорода, и лес, до того времени нормально произрастающий в течение 60—70 лет, оказывается растущим как бы на болоте, взамен суходола. В лесной области нашей равнины с прихотливым напластованием грунтов, вызванным эпохой скандинаво-русского ледника, подобные случаи бывают весьма нередки.

При продолжительности жизни леса, определяемой суровостью нашего континентального климата, эти изменения бонитета места, связанные с подстилением неблагоприятных грунтов или с залеганием грунтовых вод, нельзя забывать при бонитировке лесных почв и при установлении главных основ организации лесного хозяйства, оборота рубки и даже выбора главной породы в отдельных частях дачи.

В этом явлении перед нами—простое физическое вытеснение более слабых особей из сообщества. Процесс вызывается недостатком места, а не самим по себе возрастом.

Многие млекопитающие (лоси, олени, белки, лемминги) при недостатке питания также совершают от времени до времени массовые переселения. Птицы и рыбы, в целях размножения, делают правильные сезонные передвижения по определенным путям (перелет птиц и ход рыб для икрометания).

Деревья же, за невозможностью для них перемещения, гибнут при малоземелье, уступая место более сильным конкурентам.

Таким образом, в лесу царит страшная смертность, от которой со временем вымирает около 99% древесного насаждения, бывшего в ранней молодости, и лишь до 1% выживает к 100-летнему возрасту спелости, когда остается налицо лишь 700—800 деревьев на 1 га из числа 80—100 тыс. растений, образовавшихся при естественном лесовозобновлении.

II. Исследования лесоводов показали, что, кроме возраста, на этот процесс большое влияние оказывает световая потребность породы. Породы, требующие для своего произрастания много света, как лиственница, береза, осина, сосна и прочие, называемые поэтому светолюбивыми,—произрастая в сообществе, подвергаются более раннему и быстрому самоизреживанию, по сравнению с такими породами, как ель, бук, пихта, относящимися к категории теневыносливых растений.

В насаждении 80-летнего возраста число деревьев на 1 га I бонитета определяется для различных пород следующими величинами:

береза . . . . .	230	бук . . . . .	560	(в Швейцарии)
дуб . . . . .	338	ель . . . . .	598	
ольха . . . . .	405	» . . . . .	700	(в Швейцарии)
сосна . . . . .	480	пихта . . . . .	645	

Нагляднее разная потребность различных пород в земельной площади или одной и той же породы в различных возрастах может быть выражена путем так называемого Standraum, или площади земли, приходящейся в сообществе на долю одного дерева; эта величина получается делением единицы площади, то есть 100 тыс. м<sup>2</sup>, на плотность древесного населения, или на число деревьев на 1 га, в известном возрасте.

В 10-летнем насаждении при 10 тыс. деревьев на 1 га Standraum в среднем составляет  $\frac{10\ 000\ \text{м}^2}{10\ 000} = 1\ \text{м}^2$ , а в 100-летнем при 500 деревьях на 1 га:  $\frac{10\ 000\ \text{м}^2}{500} = 20\ \text{м}^2$ . Так, в 50-летнем возрасте насаждения в Северной Герма-

нии, при среднем (III) бонитете почвы на каждое дерево нижеследующих пород требуется такая площадь земли (м<sup>2</sup>): сосна 5,0, ель 4,9, пихта 2,9 и дуб 3,9; или принимая за 100 земельную площадь, потребную для 50-летней сосны, для других пород земельная потребность выразится: для ели 98, для пихты 58 и для дуба 78.

В Северо-Германской равнине для ели с увеличением ее возраста на лучшем бонитете эта потребность все в большем и большем пространстве земли выражается следующими величинами (м<sup>2</sup>):

в 20 лет . . . . .	1,4	в 80 лет . . . . .	16,7
» 40 » . . . . .	4,5	» 100 » . . . . .	25,3
» 60 » . . . . .	9,6	» 120 » . . . . .	35,2

III. Далее в пределах одной и той же породы процесс самоизреживания протекает неодинаково, в зависимости от качества бонитета почвы. Оказывается, что чем лучше почвенные условия, тем раньше начинается и тем энергичнее совершается самоизреживание, по сравнению с процессом на почвах, менее благоприятных для роста данной породы. Так, в сосняках б. Ленинградской губернии общее число деревьев на 1 га на лучшем, среднем и худшем бонитетах почвы составляет:

Возраст (лет)	I	III	V
20 . . . . .	4655	6090	7728
50 . . . . .	2576	2449	4444
100 . . . . .	607	874	1362
140 . . . . .	423	598	—

то есть с понижением бонитета плотность древесного населения, или густота древостоя, увеличивается в 2—3—4 раза.

Итак, низкие бонитеты характеризуются более значительным числом деревьев на единице площади. Однако в старом возрасте насаждений разница между бонитетами в этом отношении значительно меньше, чем в молодых возрастах. Следовательно, с наступлением старого возраста, по мере проникновения корневых аппаратов деревьев в глубокие горизонты грунта, происходит до известной степени выравнивание разниц между бонитетами, что, в частности, хорошо наблюдается на сосне и дубе, как породах, снабженных вертикально идущим главным корнем.

Это положение иллюстрируется составленной по германским опытным данным приложенной таблицей, в которой число деревьев на гектаре I бонитета принято за 100, а на остальных бонитетах выражено в относительных числах к I бонитету:

Порода	Бонитет	Возраст (лет)				
		40	80	120	160	180
Дуб . . . . .	I	100	100	100	100	100
	II	178	146	137	134	124
	III	301	214	195	185	162
Сосна . . . . .	I	100	100	100	100	—
	II	134	125	118	107	—
	III	196	171	138	130	—
	IV	229	232	189	—	—
	V	274	356	326	—	—
Ель . . . . .	I	100	100	100	—	—
	II	134	127	126	—	—
	III	193	164	164	—	—
	IV	—	220	212	—	—
	V	—	333	312	—	—

IV. Затем нельзя не заметить, что ход рассматриваемого процесса находится в зависимости от климатических условий: в климате, более благоприятном росту данной породы, плотность древесного населения высшая. Так, общее число деревьев на 1 га на лучших почвах, по исследованию Варгаса, составляет:

Сосна		Береза	
б. Петербургская губерния	б. Самарская губерния	б. Петербургская губерния	б. Самарская губерния
20 лет 4655	2972	20 лет 4747	2622
50 » 2576	994	50 » 1684	690
100 » 607	497	80 » 635	350

На юго-востоке СССР, несомненно, сказывается засушливость климата, так как для жизни растений в минимуме является влага.

В широтном направлении для каждой породы, по-видимому, имеется своя оптимальная область роста, в которой плотность древесного насаждения высшая; по мере движения как на север, так и на юг от этого оптимума древостой становится более редким.

За пределами лесной зоны на севере тянется безлесная полоса, покрытая травянистой растительностью и редкими полярными кустарниками—тундра; точно так же к югу от лесной области расстилается травянистая равнина—степь; обе эти окраины лесной области характеризуются редким древостоем и низкорослостью деревьев.

Выделить влияние климата от почвенных особенностей и других причин представляется почти невозможным.

Так, по опытным данным, германские ельники почти на всех пяти бонитетах гуще ленинградских<sup>1</sup>.

При большей мягкости и влажности климата Германии, обуславливающих большую густоту ельников, основную причину этого явления надо искать также в сравнительной бедности почв, предоставленных для лесов Германии, а с другой стороны—в большем уходе за германскими лесами, сравнительно с русскими, в частности в защите леса от повреждения вредными насекомыми, ветровалами и от беспорядочных рубок.

V. А в ряду других факторов, определяющих самоизреживание леса, надо отметить влияние топографии местности; как общее явление, в долинах древостой гуще, иногда почти вдвое гуще, чем на высотах холмов, что объясняется сравнительной сухостью почв на последних (вследствие поверхностного стока воды), глубоким залеганием грунтовых вод, повышенной транспирацией и усиленным механическим действием ветра, ускоряющим дифференциацию деревьев в сообществе и вымирание угнетенных особей.

Впрочем, швейцарскими и некоторыми германскими лесоводами замечено, что на более высоких местоположениях рост леса в высоту замедляется по сравнению с долинами и поэтому численность древесного населения возрастает с поднятием над уровнем моря.

Профессор Флори в Швейцарии составил для ельников горных и холмовых отдельные опытные таблицы, при этом на всех пяти бонитетах в горных ельниках число деревьев больше, нежели в холмовых; так, в возрасте

<sup>1</sup> Так, число деревьев господствующей части в ельниках на трех бонитетах почвы на 1 га составляет:

а) в б. Петербургской губернии				б) в Пруссии		
30 лет	3514	4803	6787	3702	5865	—
50 »	1373	2077	3312	1468	2012	3209
100 »	549	741	1144	396	638	1144



20—60-летнем оказывается до 2 тыс. шт., в 90-летнем—до 700—600 шт. и в 100-летнем до 400 штук стволов больше, чем в холмовых ельниках. Это объясняется более медленным ростом в высоту у горных ельников. К аналогичному результату в отношении бука припел также Шуберт (Aus deutschen Forsten, 1894, II, S. 115).

Несомненно, подобное соотношение в горах может быть лишь до определенной высоты над уровнем моря, так как выше, за пределами зоны максимальных осадков, древостой всюду в горах становится редким.

Ветер, как элемент климата, играет выдающуюся роль в изреживании леса; вследствие его действия во всех местоположениях, открытых действию постоянных ветров, как, например, на морских побережьях, на горных высотах и т. п., леса характеризуются редким древостоем.

Обозрев главнейшие факторы, обуславливающие ход самоизреживания насаждения, необходимо добавить, что в отмирании более слабых особей в древесном населении играют роль паразитные грибы и насекомые; те и другие суть агенты, ускоряющие наступление смерти ослабленных деревьев, и кроме того, они быстро разрушают древесные трупы.

Нам уже известно, что угнетенные деревья в сообществе гибнут, не достигнув семенной возмужалости. Как неспособные к плодоношению, они не оставляют по себе потомства.

От отмирающих деревьев остается в земле корневой аппарат их, который пронизывает почву и грунт в различных направлениях. С разрушением корневой древесины сохраняется в земле богато разветвленная система дренажа, обеспечивающая поступление воды и воздуха в почву. Эта система не заплывает и не разрушается, а постоянно поддерживается последующим отмиранием деревьев. Итак, самоизреживанием насаждения достигается лучшая аэрация почвы—грунта и улучшается увлажнение почвы, т. е. трупами отживших обеспечивается развитие живущих.

Вдумываясь в смысл явления самоизреживания насаждения, мы видим, что борьба за существование в древесном сообществе имеет глубокое биологическое значение, заключающееся в естественном отборе растений так как, благодаря этой борьбе и индивидуальной изменчивости растений выживают и размножаются лишь особи, наиболее приспособленные к данной среде и наделенные большей силой роста.

Совершаясь непрерывно в каждом поколении леса, живущем несколько столетий, естественный отбор обнимает бесчисленный ряд этих последовательных поколений и приводит, наконец, к факту поразительной приспособленности растений, по их анатомо-физиологическим свойствам, к здешней среде, а также замечательной приспособленности к среде и сообществу этих растений.

Полное приспособление растения к среде есть конечный итог для природы. А так как в физической природе земли непрерывно совершаются перемены, становящиеся в результате колоссальными, то и полное приспособление растения к среде является неосуществимой задачей.

В результате естественного отбора мы, между прочим, наблюдаем, что древесные породы, имеющие обширные ареалы распространения, как, например, сосна, распадаются на целый ряд форм или климатических рас из которых каждая форма выработалась естественным отбором и приспособилась к определенному географическому району, причем по своему анатомо-морфологическому строению и физиологическим особенностям она настолько отклонилась от основного «вида», что порой представляет для ботаника-систематика немало затруднений в таксонометрической оценке ее, отнести ли ее к самостоятельному виду или к варианту.

По сути дела неизбежно отклонившись в область эволюции растения, о которой было подробно изложено в одной из предыдущих глав, возвращаемся снова к фактическому изложению рассматриваемого явления в жизни древесного сообщества.

Выше нами рассмотрены постоянные условия, влияющие на самоизреживание насаждения. Кроме того, на ход этого процесса оказывают влияние причины эпизодического характера. Из них надо остановиться на влиянии засушливых годов.

Засуха, обуславливая общий недостаток влаги в лесном сообществе и ускоряя переход в нем деревьев IV-а в подкласс IV-в и деревьев IV-в в подкласс V-а, а последнего в сухостой, сопровождается в лесу повышенным отпадом деревьев.

В этом случае повышенный отпад является средством приспособления для всего сообщества: за счет потери части существ происходит пользование влаги остальными, сильными экземплярами и обеспечивается дальнейшее существование сообщества.

Это влияние засухи сказывается в насаждении отчасти немедленно, а главным же образом в последующие за засухой годы. В местоположениях, где грунтовые воды доступны для питания леса, после засухи происходит в последующие два-три года падение уровня грунтовых вод на глубину, уже недоступную для корневой системы деревьев, и это лишение нормальной источника водоснабжения причиняет в насаждении повышенный отпад деревьев в то время, когда засуха уже давно миновала и многими людьми забыта.

Так, в Петровско-Разумовском необычайная засуха была в 1920 г., когда осадков выпало всего лишь 336 мм против многолетней нормы в 538 мм, или меньше на 40%; грунтовые воды падали в течение последующих двух лет и достигли низшего своего стояния к осени 1922 г. (на 1,3 м ниже нормального уровня), и лишь с этого момента начался повышенный отпад в насаждениях, питающихся обычно и грунтовыми водами, сверх атмосферных осадков. А этот отпад совершался в 1923 и в 1924 гг.

Засухи вносят резкую перемену в численном составе леса и на долгие годы оставляют глубокий след в строе насаждений.

Сильнее всего влияние засухи сказывается в тех насаждениях, которые достигнуты ею в период сильного самоизреживания; так, для сосны в 40—50-летнем возрасте в средней части СССР; при этом нередко происходит массовое засыхание нижнего яруса насаждения, состоящего из дубового подроста 20—25 лет.

В особенности велика смертность деревьев и изреживание насаждения вследствие засухи в тех областях, где и при нормальных условиях погоды влага является в минимуме для жизни растительности, как на юго-востоке СССР и в степной области.

В степных культурах, где в интересах скорейшего затенения почвы древесными кронами высаживается по 10—15 тыс. растений на 1 га, повышенное при засухах отмирание деревьев рисуетя многим в угрожающих для жизни леса размерах при оценке его по масштабу для северных лесов. Можно сказать, жалобы степных лесоводов на засыхание этих культур в засушливые годы (1892, 1897) сделались обычным явлением.

Для правильной оценки степени этого отмирания необходимо было бы, вместо жалоб, изучение нормального хода самоизреживания естественных лесов в степях.

В общем следует признать, что наличная густота древостоя в данном местоположении соответствует тому относительному минимуму влаги, какой был пережит насаждением за время его существования.

Признавая периодичность засух (35 лет), подмеченную Брикнером, необходимо иметь в виду это неблагоприятное явление засух при оценке бонитета места, занятого старыми насаждениями.

Ввиду важности этого вопроса для лесоведения полезно остановить на нем внимание.

Климатом страны называется совокупность тех средних выражений погоды, которая день за днем изменяется в течение года.

Погодой определяется свойство некоторого промежутка времени, а климатом определяется свойство некоторого пространства.

Погода есть нечто изменяющееся, колеблющееся, а климат есть нечто неизменное, присущее данной стране свойство.

Для суждения о климате какой-либо области нужно иметь данные о количестве осадков и о степени нагретости воздуха в тени (в градусах Цельсия) по месяцам в течение целого года. Или, по крайней мере, нужно знать среднюю продолжительность зимы и лета и среднюю температуру самого холодного и самого теплого месяца, а также знать среднее количество годовых осадков и время года, в течение которого их приходится наибольшее количество.

О том и другом, чтобы получить достаточное понятие о климате страны, можно судить по характеру растительности, так как всякий вид растений приспособлен к определенному климату и имеет свой ареал распространения, за которым он встречается все реже и реже, пока совсем не исчезнет.

Но иногда наблюдаются величайшие отклонения от средних норм. Такие отклонения климата встречаются на всей земле; наиболее часты они в средних широтах, в поясе умеренного климата, т. е. в Северной и Средней Европе, в Северной Азии и Северной Америке; гораздо реже они наблюдаются в жарких экваториальных странах.

Исследования показывают, что эти отклонения или перемены, или, по выражению проф. М. А. Богалева, возмущения, климата появляются на всей земле одновременно через довольно правильные промежутки времени, но в очень сложном порядке, который нелегко уяснить себе. Земля обращается вокруг солнца равномерно, и повсюду на земле каждый год тепло должно было бы равномерно нарастать к лету и убывать к зиме, но этого на самом деле нет. Колебания тепла и атмосферных осадков время от времени, как бы от некоторого толчка, вдруг увеличиваются, потом уравниваются так, что они становятся даже меньше обычных (средних величин).

Венским проф. Е. Д. Брикнером (уроженцем России) в 1890 г. опубликован в Вене капитальный труд: «Колебания климата с 1700 года». Для обоснования этого труда им исследован огромный материал:

- 1) колебания уровня Каспийского моря и не имеющих стока озер,
- 2) время вскрытия и замерзания русских рек,
- 3) данные дождемерных наблюдений, температуры и давления воздуха,
- 4) записи о сборе винограда с 1391 г.,
- 5) материалы о суровых зимах в Европе с 1021 г. и
- 6) наступление и отступление альпийских ледников.

В результате Брикнер пришел к выводу о существовании колебаний климата на всей суше с периодом в 35 лет. Поэтому периодические колебания известны под названием «брикнеровских периодов».

Таким образом, в климате каждой страны в течение столетия трижды происходят отклонения, или возмущения, климата от нормального состояния.

Эти климатические перемены состоят в колебаниях температуры воздуха, причем амплитуда их составляет около  $1^{\circ}$ , и колебания эти простираются одновременно на всем земном шаре.

Эти температурные колебания, как установлено для материка Европы и Атлантического океана, связаны с распределением атмосферного давления так, что в более теплые периоды переход океанского воздуха на сушу затрудняется, а в более холодные—облегчается. Поэтому более теплые периоды сопровождаются на суше уменьшением атмосферных осадков, а более холодные—увеличением их; на океане же обратное отношение: в более теплые периоды осадки увеличиваются, а в более холодные—уменьшаются.

Кроме брикнеровских периодов, замечаются еще колебания в среднем через каждые 11 лет, но они хорошо наблюдаются преимущественно у тропиков.

В те годы, когда на солнце бывает много пятен, температура земли понижается и наоборот.

Максимум пятен бывает приблизительно один раз в 11 лет, и с такой же периодичностью повторяется минимум земной температуры.

Но такое совпадение не всегда бывает полное, случается, что закон 11-летней периодичности иногда как будто нарушается. Следовательно, помимо солнечных пятен на земную температуру влияют и другие причины.

В частности, влияют вулканические извержения. После бурных извержений атмосфера делается на некоторое время менее прозрачной из-за вулканической пыли, которая несется в верхних слоях атмосферы, заслоняя солнце, и служит земле как бы пеленой, скрадывающей часть солнечных лучей. При этом в течение бурного периода извержений, по наблюдениям, количество тепла, получаемого землей от солнца, уменьшается почти на 20%.

Так, в 1883 г. произошло извержение вулкана Кракатао, и в 1884—1886 гг. на всей земле наблюдалось значительное понижение годовой температуры.

Точно так же понижение температуры было констатировано с декабря 1902 г. по февраль 1904 г. (т. е. 15 мес.), что приписывают грандиозному извержению вулкана Пеле.

Профессора Аббот и Фауль изучали вопрос о том, нельзя ли объяснить перемены земного климата комбинированным действием солнечных пятен и вулканических извержений. Для исследования они взяли за период времени с 1760 по 1913 г. данные:

- 1) средние годовые температуры земли,
- 2) количество солнечных пятен и
- 3) число и силу вулканических извержений.

Из построения на диаграмме этих трех величин в виде кривых не обнаружилось никакой видимой зависимости между ними. Изобразивши же затем на диаграмме комбинированное действие пятен и извержений только одной кривой, а другой кривой—изменение температуры, оказалось, что обе кривые представляют разительный параллелизм. Отсюда исследователи делают вывод: отклонения от средней температуры той или иной местности не могут быть всецело приписаны ни солнечным пятнам, ни вулканическим извержениям, но только равнодействующим обоих этих факторов (журнал «La Nature», 1914, в статье «Вулканические извержения и земная температура»).

Русские летописи дали по этому предмету богатый материал, сведенный М. Боголеповым в 1908 г. в его труде «О колебаниях климата в Европейской России в историческую эпоху». При этом М. Боголеповым продолжительность периода колебания определена в 33,33 года, числом, кратным периоду солнечных пятен, каковой период устанавливается одними в 11 лет, а другими в 11,13 лет.

В 1422 г., т. е. 498 лет тому назад, считая по 1920 г. включительно, или ровно 14 брикнеровских периодов назад, по летописям, «Бысть глад велик по всей земле Русской, на Москве, на Костроме, в Новгороде. Люди людей ели и собачину ели по всей Русской земле, с голоду всякую мертвечину ели. Того же лета Москва город погорел».

В 1231 г., т. е. 690 лет тому назад, считая 1921 г. включительно, или почти ровно 19 брикнеровских периодов назад, по никоновской летописи: «И бысть мор в людях от глада велик».

Помимо высокого отпада во время кульминации текущего прироста, брикнеровские периоды проявляются в жизни лесной растительности в многообразных формах:

1) Засухи при наличии легких почв (песчаных и супеси) обуславливают плохое естественное лесовозобновление, давая редкий древостой. Этот факт очень хорошо наблюдается на северо-востоке СССР в обширных сосновых

массивах (до 100—200 тыс. га), где возобновление леса шло при посредстве пожаров. При почти однородном почвенном бонитете старые сосняки существенным образом различаются между собой—редким древостоем и низкорослостью в зависимости от образования их в засушливые годы. Здесь брикнеровские периоды имеют наглядное выражение, олицетворяясь территориально; так, выделяются участки леса, возникшие в засуху 1788 и 1753 гг. и даже 1718 г.

Затем среди культурных травянистых растений засухи причиняют урожай хлебов и трав и народные бедствия; засушливые годы сопровождаются в сосновых борах пожарами на многих тысячах гектаров, и вслед за ними появляются насекомые (*Lophyrus pini*, *Myelophylus piniperda* и *M. minor*), которые повреждают еще большее пространство боров. Это—в лесной области.

В южной части СССР при засухах погибали различные древесные породы, кроме дуба. Так, в 1833 г. в б. Херсонской губернии была навсегда памятная необычайная засуха, от которой уцелели только дубовые плантации.

2) На крупномерных стволах дуба, на поперечном срезе, в толще дерева, появляется несколькими концентрическими поясами гниль. Так, на дубе 200-летнего возраста в уч. *t* 10 кв. Академической дачи мной найдены три концентрических пояса гнили от *Polyporus sulphureus* и *P. igniarius*, при этом внутреннее сплошное кольцо гнили обнимает 10 слоев—с 1772 по 1781 г., затем второе кольцо несплошное обнимает 11 слоев, с 1825 по 1835 г., и третье прерывистое кольцо заключает в себе 6 лет—с 1887 по 1892 г.

Все эти наслоения древесины, за исключением первого кольца, образовались в засушливые периоды. Каким путем проникают споры гриба в толщу дуба (через сучья или трещины коры, возникающие в засуху), представляется решать микологам. Для нас же важно отметить, что мицелий гриба точно нащупывает в толще дуба подходящие для себя места, а именно с концентрическими слоями, образовавшиеся в брикнеровские периоды.

3) В процессе очищения стволов от живых сучьев на хвойных деревьях имеют также значение засушливые периоды, которые рельефно проявляются, в частности, на старых сосновых деревьях (возрастом около 200 лет и более). Как уже сказано выше, в засушливые годы на соснах, наряду с образованием коротких верхних побегов, развиваются мутовки из коротких, тонких и чахлах ветвей, быстро засыхающих, в противоположность нормальным годам, дающим развитие мутовки, которые живут до 45—50 лет и дольше, заглушая собой короткие чахлах разветвления.

Поэтому на старых соснах засушливые периоды дают на стволах части, чистые от сучьев, а годы, благоприятные для роста леса, оставляют сильно развитые сучья, мертвые или живые, которые служат наглядными внешними указателями этих лет. Так, на стволах сосен 280-летнего возраста мертвые и живые сучья крупных размеров, образовавшиеся в 1727, 1734, 1754, 1765, 1769, 1776, 1785, 1794, 1804, 1808 и 1812 гг., до сих пор свидетельствуют о периодах с влажными годами, тогда как сучья промежуточных лет, сформировавшиеся в засушливые периоды, давно уже заросли и погребены в толще стволов.

Так запечатлеваются на стволах старых сосен засушливые периоды и периоды с влажными годами.

**Полезность изреживания густого травостоя.** На юге СССР в засушливые годы наблюдается, что более редкий хлеб (например, пораженный личинкой костяники—жука-щелкуна) дает урожай, хотя и небольшой, тогда как рядом находящаяся прекрасная, густая нива, за отсутствием перед созреванием влаги, пропадает.

Даже сложилось мнение о пользе личинок костяники, изреживающей слишком густые посевы.

По интересным опытам агрономов Курдюмова и Андреева на Полтавской сельскохозяйственной опытной станции, яровые (пшеница и ячмень),

высеянные своевременно, при поражении шведской мушкой дали, сверх ожиданий, больший урожай, чем те же растения и при тех же условиях, но не пораженные этими насекомыми.

Этот парадоксальный результат, с точки зрения биологии древесных сообществ, легко объясняется тем, что шведская мушка у своевременно развившихся яровых поражает только подгон, т. е. угнетенные экземпляры, и не трогает главных стеблей. У пшеницы, а равно и у ячменя гибнет нормально 40% стеблей подгона (это происходит оттого, что более поздно появляющиеся стебли, больше всего повреждаемые мушкой, находясь под пологом более развитых, должны отмереть).

Поэтому заблаговременное уничтожение того, что и так должно погибнуть, может только благотворно отозваться на развитии целого куста, а следовательно, и на урожае. В результате опыта, названных исследователи полагают, что шведская мушка, в известных пределах заражения ею яровых (до 40%), является полезным насекомым (см. доклад на I Всероссийском съезде по прикладной энтомологии в Киеве в 1913 г.).

Для многих практических задач число деревьев на единице площади имеет фундаментальное значение.

При какой численности деревьев можно ожидать от насаждения максимального дохода как от главного, так и промежуточного пользования? Как для этой цели вести прореживания в различных стадиях жизни насаждения? Какой густоты делать посадки и посев леса? И т. д.

В отношении промежуточных рубок важнейший период для их применения составляет первая половина жизни насаждения до окончания кульминации текущего прироста древесины. После же 50-летнего возраста (а для теневыносливых 60-летнего возраста) сомкнутое насаждение уже вполне сформировалось в качественном отношении, и воздействие рубками может лишь очень мало улучшить его качества, так как к этому возрасту дефектных стволов (двойчаток и пр.) остается в нем уже ограниченное количество.

Убыль числа деревьев имеет в лесном сообществе огромнейшую важность в таксационных расчетах. Так:

1) При определении среднего возраста насаждения.

Насаждению 40—65 лет—средний возраст теперь 50 лет; через 30 лет этот возраст будет не  $50+30=80$  лет, а старше, а 10 лет назад он был не  $50-10=40$ , а меньше (поэтому необходимо определять средний возраст господствующих деревьев, которые выживут до возраста спелости насаждения).

2) То же при определении средней высоты насаждения.

Насаждению 230 лет, с 250 деревьями.

По исследованию, средняя высота этих деревьев 100 лет назад найдена в 28 м, но эту величину не следует распространять на бывшее насаждение.

В действительности средняя высота насаждения 130-летнего была меньше 28 м, так как тогда было в насаждении не 250 шт., а может быть 400—500 деревьев, которые, как отставшие в росте от остальных, выпали из состава насаждения.


3) При определении среднего диаметра—то же.

4) Наконец, при определениях производительности леса.

Она равна наличному запасу + отпад за прошлое время.



## XXIV. ОТПАД НАСАЖДЕНИЯ

ерманскими лесоводами в каждом насаждении различается главная, или господствующая, часть и подчиненная часть насаждения, или Nebenbestand, разумея под этой последней те деревья, которые в борьбе за существование обречены на гибель до достижения насаждением спелого возраста. Поэтому эти деревья утилизируются путем промежуточного пользования.

Смотря по степени производимого прореживания, в отдельных случаях эту группу составляют или лишь деревья отмирающие (степень А), или, наряду с последними, также и заглушенные (степень В), или же причисляют к ним и деревья IV-в, по Крафту (степень С); далее назначают в рубку все деревья IV класса, наряду с V классом (степень D). При степени E рубятся также экземпляры господствующего класса деревьев, значительная часть которого, во время этой рубки, входит еще в господствующую часть насаждения.

С целесообразностью такого разделения насаждения на две части трудно согласиться, при крайней неопределенности и субъективности отнесения тех или иных деревьев к подчиненной части насаждения, имея при этом в виду еще условность понятия спелости леса и разнообразия этих спелостей. Все люди в свое время умрут, но пока мы живы, с нами нельзя обращаться, как с покойниками. То же применимо и к древесному населению.

Строго говоря, не забегая в отдаленные дали грядущего, лишь часть насаждения, обреченная на гибель в ближайшее время, должна составлять отпад его, подлежащий использованию промежуточными рубками.

Стволовая масса отмирающих деревьев, несмотря на многочисленную смертность их, сперва незначительна в насаждении; затем она увеличивается с возрастом последнего и достигает в определенный момент максимума. Это время варьирует в зависимости от светолюбия породы, почвы и географической широты.

У светолюбивой сосны в средней части СССР оно бывает в 40—50-летнем возрасте.

У теневыносливых пород (ели) на 10—20 лет позднее. Бонитет почвы имеет большое влияние на количество отпада и на ход его образования; чем ниже бонитет, тем меньше количество отмирающей древесной массы в насаждении, и, кроме того, кульминация этого отпада отсрочивается лет на 10—15.

По достижении своего максимума отпад постепенно уменьшается до конца жизни насаждения.

Таков естественный ход отпада древесины, при удалении человека голько отмирающей древесной массы из насаждения.

По германским опытным данным, максимум отпада стволовой древесины наступает в следующих возрастах:

у сосны на I бонитет в 40—45 лет	у дуба на I бонитет в 60—65 лет
» » » III » » 45 »	» » » III » » 70 »
» ели » I » » 85 »	» ч. ольхи » I » » 35 »
» » » III » » 100—110 »	» » » III » » 40—45 »

Последовательный ход и размер отпада определяют собой и время, и степень ухода за насаждением; так, в насаждениях светолюбивых пород нужно приступать к промежуточным пользованиям раньше и повторять их чаще, чем в насаждениях тенезыносливых пород, на лучших почвах производить их чаще и сильнее, чем на худших почвах.

Все остальные факторы, определяющие процесс самоизреживания насаждения, должны быть непременно принимаемы в руководство при производстве промежуточных пользованиях, как, например, значение густоты древостоя, влияние засушливых лет и т. п., о чем была речь выше.

Процентное отношение стволовой массы промежуточного пользования к древесному запасу спелого насаждения, по германским данным, составляет при среднем (III) бонитете почвы следующие величины (%):

при 100-летнем возрасте		при 120-летнем возрасте	
у ели . . . . .	70	у ели . . . . .	33
» сосны . . . . .	84	» сосны . . . . .	107
» дуба . . . . .	106	» дуба . . . . .	106

Следовательно, для светолюбивых пород, при спелости их свыше 100-летнего возраста, главное пользование доставляет лишь долю того, что дает промежуточное пользование.

Ввиду огромной массы добычи от последнего и в санитарных интересах леса доброе лесное хозяйство непременно должно обращать на промежуточное пользование лесом самое заботливое внимание.

Общая производительность насаждения определенного возраста складывается из наличного его запаса с присоединением к нему всей древесной массы, взятой из насаждения в виде промежуточного пользования до данного возраста.

Вычисленный таким путем для насаждения средний прирост стволовой древесины на 1 га оказывается на 2,5—3 м<sup>3</sup> выше против исчисленного лишь по наличному запасу главной части насаждения, и, сверх того, максимум этого прироста, против исчисленного последним путем, отсрочивается на 20—25 лет.

Изучение законов роста леса можно вести тремя путями:

1) Опытный метод—целый ряд повторных изменений на пробе в одном и том же насаждении в течение его жизни.

Это наиболее правильный путь исследования; но недостаток его тот, что нужные результаты получаются не ранее, как по прошествии многих десятилетий и даже целого столетия. В Академической даче некоторые пробы имеют 64-летнюю давность.

2) Статистический—исследование наличного состояния леса производится в целой серии полных насаждений данного типа и различных возрастов и получение искомым результатов достигается при помощи статистической разработки собранных материалов.

Избранная в пространстве серия насаждений рассматривается здесь как различные стадии во времени одного и того же насаждения, представляющая как бы отдельные фазы его жизни. Трудность выбора однотипных насаждений.

Этим путем составлены таблицы Варгаса-де-Бедемара.



3) Аналитический метод—ограничивается исследованием состояния лишь очень немногих однохарактерных сомкнутых насаждений, с непродолжительными (10—15 л.) повторными изменениями, и достигает цели путем анализа ряда стволов за 10 лет на каждой взятой пробе.

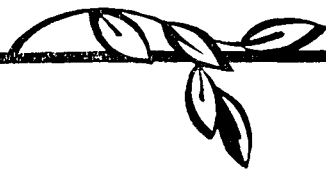
Каждое дерево—хорошо сохранившаяся рукопись, открывающая историю жизни дерева; в дешифрировании этой рукописи и состоит анализ древесного ствола.

Анализируя ряд деревьев из насаждения, мы получаем из серии таких рукописей правдивую летопись насаждения, которая точно раскрывает ход роста насаждения за известный период времени.

При помощи данных повторных измерений мы связываем эти периоды вместе и получаем картину развития за все время жизни насаждения, когда убедились в том, что взятые пробы однохарактерны.

Но этим методом не учитываются влияние засух и влияние отпада.

Для исследования роста леса в отдельной даче или в ограниченном районе этот метод наиболее удобен.



## XXV. ОЧИЩЕНИЕ СТВОЛА ОТ ЖИВЫХ СУЧЬЕВ



Отмирание нижних ветвей на стволе начинается тогда, когда крона настолько разрослась в ширину и высоту и интенсивность света внутри самой кроны так сильно понизилась, что в листьях нижних ветвей прекращается ассимиляция.

Прежде всего этому отмиранию подвергаются самые нижние, т. е. более старые ветви на стволе. При переходе того минимума освещения, который необходим для ассимиляции, расположенные на старой ветви боковые вторичные побеги, сперва нижние, а затем и более верхние, один за другим, теряют листву, так что, наконец, на самом конце ветви остается несколько небольших затененных листьев, которые, по своей слабой транспирации, не в состоянии далее поддерживать движение сока в ветвях; почти голая ветвь испаряет со своей поверхности больше влаги, чем ее поступает путем транспирации немногих листьев.

Из-за прекращения ассимиляции и ослабленной транспирации старая ветвь сохнет. При этом из засыхающей ветви передвигаются в ствол питательные вещества: калий, фосфорная кислота, азотистые и магниевые соединения и т. д., за исключением кальция и кремния. А у хвойных деревьев при этом передвижении происходит осмоление основания засыхающей ветви.

Так совершается на стволе отмирание нижних ветвей, одной за другой. Затем мертвые боковые ветви, под влиянием стекающих по стволу осадков, подвергаются разложению и гниению, вызываемому сапрофитами.

Мертвые ветви с разложившейся у их основания древесиной, наконец, отваливаются со ствола от собственной тяжести, навала снега, обивания ветром или от случайных причин.

Остающиеся на стволе пеньки от опавших сухих ветвей затем постепенно зарастают, благодаря отложению на стволе новых годовых слоев древесины. Это опадение сухих ветвей и зарастание остатков их совершаются довольно скоро у некоторых быстрорастущих пород, обладающих непрочной древесиной, как осина, береза и бук; благодаря этому по прошествии нескольких лет стволы у них на известном протяжении от земли представляются почти совершенно чистыми от всяких ветвей.

Многие же породы характеризуются крайней медленностью разложения и опадения сучьев; среди них, в частности, выделяется ель, у которой в продолжение нескольких десятилетий сухие сучья торчат на стволе почти до самой земли.

То же явление наблюдается на пихте, тую и псевдотсуге.

Наряду с отмиранием более старых ветвей, расположенных на стволе, тот же процесс происходит и внутри кроны. Это происходит оттого, что, с умножением разветвлений на периферии кроны, внутрь ее проникает свет в количестве, недостаточном для жизнедеятельности листьев, и ветки здесь рано засыхают и опадают.

Если, находясь под деревом, посмотреть на крону снизу, то видна система строил и куполообразно переплетающихся балок, и листва держится лишь на наружной поверхности купола—кроны нетолстым слоем, как ткань на раскрытом зонтике.

На одиноко стоящем дереве очищение ствола или совсем не происходит (ель, пихта), или, при большом светолюбии, деревья очень слабо очищаются от сучьев в тени собственного шатра. Отмирание же ветвей внутри кроны у дерева-особняка идет весьма энергично.

С лесоводственной стороны особый интерес представляет лишь отмирание ветвей на самом стволе, и, ввиду практической важности этого процесса в жизни насаждения, эффект его учитывается измерением высоты ствола до живых сучьев или отношением длины кроны к общей высоте ствола, простым  $\left(\frac{hm}{H}\right)$  или же процентным  $\left(\frac{100 hm}{H}\right)$ .

Ход отмирания ветвей на стволе находится под влиянием многих факторов.

Во-первых, световой потребности породы. Чем больше световая потребность дерева, тем раньше начинается и тем энергичнее идет этот процесс.

Примером могут служить следующие массовые данные в отношении некоторых ельников и сосняков различных возрастов (28 л., 37 и 47 л.) в Петровской лесной даче.

Проба	Возраст насаждения	Высота насаждения			Очищенная часть ствола		Длина кроны			Амплитуда колебаний	%
		средняя	мини-мальная	максим-мальная	средняя	%	средняя	мини-мальная	максим-мальная		
Ель 8е . . . . .	28	4,5	1,8	7,1	0,2	6,1	4,3	1,7	7,0	5,3	93,9
Сосна 13 № 77	27	10,6	7,3	12,9	6,0	56,6	4,6	1,6	7,2	—	43,4
Сосна 13 № 52											
и 53 . . . . .	29	12,0	9,5	14,1	7,4	62,0	4,6	—	—	—	38,0
Ель 5 Б . . . . .	37	11,7	4,0	16,7	4,2	35,7	7,5	2,0	10,2	8,2	64,3
Сосна 5 П . . . . .	34	12,7	8,6	15,2	7,8	61,5	4,9	1,7	7,6	—	38,5
Сосна 13 «З»	37	16,4	11,7	19,6	10,6	65,0	5,8	2,6	8,8	—	35,0
Ель 8 П . . . . .	47	17,5	11,5	21,4	9,5	54,7	8,0	2,8	11,6	9,0	45,3
Сосна 6 П и Р	46—47	18,9	14,4	22,9	12,6	66,9	6,3	2,5	11,4	—	33,1

Как видно, очищенная часть стволов составляет в ельниках: в 28-летнем возрасте—всего лишь 0,2 м (против 6—7 м у сосны), в 37-летнем возрасте—4,2 м (против 8—11 м у сосны) и в 47-летнем возрасте—9,5 м (против 12,6 м у сосны), или в процентах к общей высоте насаждения, в 28-летнем—6,1% (против 57—62% у сосны), в 37-летнем—36% (против 62—65% у сосны) и в 47-летнем—55% (против 67% у сосны).

Длина живой кроны ели составляет:

в 28 лет—от 1,7 до 7,0 м, средняя 4,3 м (против 4,6 м у сосны), а в процентах—94 (против 38—43 у сосны);

в 37 лет—от 2,0 до 10,2 м, средняя 7,5 м (против 5—6 м у сосны), а в процентах—64 (против 35—39 у сосны);

в 47 лет—от 2,8 до 11,6 м, средняя 8,0 м (против 6 м у сосны), а в процентах—45 (против 33 у сосны).

Полезно отметить, что, во-первых, амплитуда колебаний длины кроны в еловом насаждении с возрастом его сильно увеличивается до времени кульминации самоизреживания насаждения; так, в 28 лет она равна 5,3 м, в 37 лет—8,2 м и в 47 лет—до 9 м, и что, во-вторых, возраст насаждения имеет огромное влияние на ход и размер очищения стволов от сучьев. В молодняке, еще не сомкнувшемся, живые ветви на стволах простираются до самой земли.

По достижении сомкнутости, в насаждении начинается отмирание нижних ветвей; эта стадия наступает, при среднем древостое, в сосновых молодняках в 15-летнем возрасте, в еловых—в 25-летнем.

С увеличением высоты насаждения этот процесс усиливается, самый энергичный ход очищения стволов совершается в период максимального текущего прироста древесины, т. е. для сосновых насаждений в 40—50-летнем возрасте и в еловых в 50—60-летнем возрасте.

После того, вследствие последующего разрыхления полога насаждения и большего проникновения через него солнечного света, происходит ослабление рассматриваемого процесса.

По швейцарским исследованиям Bühler'a и Flury на 240 пробах, взятых в ельниках, пихтарниках и буковых насаждениях, данные по этому предмету представляются в следующей таблице:

Классы возраста	Средняя высота насаждения (м)	Длина чистой от сучьев части ствола		Средняя длина живой кроны		Возраст живой кроны (лет)
		абсолютная (м)	от высоты насаждения (%)	абсолютная (м)	от средней высоты насаждения (%)	
<b>Е Л Ь</b>						
20—40	12,96	6,99	53,9	5,97	46,1	12
41—60	19,10	12,22	64,0	6,88	36,0	15
61—80	24,49	16,34	66,7	8,15	33,3	20
81—100	32,36	21,20	65,5	11,16	34,5	33
>100	32,30	21,21	65,7	11,09	34,3	32
<b>Б У К</b>						
21—40	8,75	4,16	47,5	4,59	52,5	—
41—60	15,86	8,49	53,5	7,37	46,5	—
61—80	22,49	12,66	56,3	9,83	43,7	—
81—100	25,71	14,26	55,5	11,45	44,5	—
101—120	27,71	15,71	56,7	12,00	43,3	—
>120	27,59	15,76	57,1	11,83	42,9	—
<b>П И Х Т А</b>						
41—60	13,46	7,99	59,4	5,47	40,6	12
61—80	22,55	15,43	68,4	7,12	31,6	22
81—100	26,71	17,06	63,9	9,65	36,1	30
>100	28,68	17,07	59,5	11,61	40,5	27

Из таблицы видно, что пихтарники по общей своей высоте несколько уступают ельникам, а равно уступают последним также и в отношении высоты очистки стволов от сучьев; третье место в том и другом отношении занимает буковое насаждение. Что же касается процентного отношения длины живой кроны к общей высоте насаждения, то оно почти одинаково в ельниках и пихтарниках, а в буковых насаждениях представляет значительно большую величину.

Максимальная высота (21,2 м) очистки стволов в ельниках устанавливается в 80—100-летнем возрасте. В 50—60-летнем возрасте насаждения достигается почти половина этой высоты очищения стволов; следовательно, последующий 20-летний период времени, от 61- до 80-летнего возраста, в отношении очистки стволов имеет такую же важность, как и предшествовавшее 20—25-летие жизни насаждения.

В насаждениях, которые имеют высоту свыше 20 м, то есть перешли за 50-летний возраст, процентное отношение длины чистой части стволов к общей высоте насаждения подвержено сравнительно ограниченными колебаниями в зависимости от породы; для сомкнутых хвойных насаждений в среднем оно составляет 66%, а для буковых 56%. Очищение стволов продолжается и дальше, в более поздних возрастах, хотя в насаждении последовало уже значительное самоизреживание и более угнетенные классы деревьев от него удалены.

Отсюда возникает предположение, что отмирание живых сучьев господствующих классов деревьев обуславливается не столько наличием угнетенных и отставших деревьев в насаждении, сколько ширмами, представляемыми более густыми кронами. Эти живые ширмы, создавая сильную тень и ослабление падающего солнечного света, вызывают отмирание ветвей на стволах смежных деревьев.

Угнетенные деревья способствуют отчасти отмиранию нижних ветвей господствующих классов лишь тем, что перехватывают часть солнечного света, который, при их отсутствии, падал бы на эти ветви; но они в значительной степени содействуют обламыванию и опадению сухих сучьев на стволах господствующих классов деревьев при раскачивании этих последних действием ветра.

В общем же длина живой кроны, в связи с общей высотой господствующих деревьев, своей тенью должна оказывать существенное влияние на выделение угнетенных классов и на образование сухостоя из заглушенных деревьев.

С ростом насаждения возраст живой кроны первоначально мало изменяется, оставаясь в продолжение двух десятилетий почти постоянным; после же периода энергичного очищения стволов, когда отмирание нижних ветвей начинает отставать от ежегодно повторяющейся прибавки в кроне все новых и новых вершинных побегов, возраст кроны заметно увеличивается, и это увеличение с годами становится все более и более значительным. Так, в сомкнутых сосняках Петрозаводской дачи средний возраст кроны варьирует так: в 20-летних насаждениях он составляет 8—9 лет; в 25-летних—9—10 лет, до 40—50-летнего возраста—12—13 лет, в 60-летних—20—23 года, в 70-летних—26—27 лет. Возраст живой кроны находится в связи с числом годичных слоев оболони древесного ствола.

Во-вторых, качество почвы является, несомненно, одним из важнейших факторов, определяющих высоту очистки от сучьев стволов в насаждениях.

Известно, что на более плохих почвах рост насаждения в высоту значительно слабее, чем на хороших бонитетах.

В прилагаемой таблице, в отношении еловых и буковых насаждений различных возрастов, приведены попарно насаждения почти одинакового возраста, но различной высоты, так как одно насаждение занимает хороший бонитет, а другое—более низкий (см. табл. на стр. 481).

Как видно, в насаждениях, занимающих хороший бонитет, чистая от сучьев часть ствола на 2—4 м и даже на 5 м (в 70 лет ель) длиннее, чем на более низком бонитете. Длина кроны на хорошей почве не короче, а тоже на 1—2 м и даже 3 м больше (у 90-летней ели) по сравнению с более низким бонитетом. В возрасте живой кроны в ельниках нет определенной зависимости от почвенного бонитета; так как годичные побеги на хорошей почве значительно длиннее, то поэтому при одинаковом возрасте крон и длина кроны на хорошей почве является значительнее, чем на плохой.

Надо отметить, что даже на самых лучших почвах, занятых ельниками и пихтарниками, при высоте отмирания живых ветвей на стволах на протяжении 20—30 м над землей, сухие сучья или остатки их торчат на стволах, спускаясь почти до высоты 2—3 м над землей.

Что касается процентного отношения длины живой кроны к общей высоте насаждения, то в этом отношении нет заметных различий в за-

висимости от почвенного бонитета как в еловых, так и в буковых насаждениях.

В-третьих, степень полноты насаждения имеет также весьма важное значение в рассматриваемом процессе. Чем больше полнота насаждения, тем раньше начинается и тем энергичнее идет отмирание живых ветвей на стволах.

Полные насаждения, бывшие такими же и в течение всей предшествовавшей своей жизни, т. е. самыми добротными насаждениями, отличаются наличием тонких сухих сучьев.

Возраст насаждения (лет)	Общая высота насаждения (м)	Длина чистой от сучьев части ствола		Средняя длина живой кроны		Возраст живой кроны (лет)
		абсолютная (м)	от высоты насаждения (%)	абсолютная (м)	от средней высоты насаждения (%)	

Е Л Ь

28	12,17	5,80	47,7	6,37	52,3	11
28	8,79	3,82	43,5	4,97	56,5	11
38	18,91	10,91	57,7	8,00	42,3	14
37	15,31	8,39	54,8	6,92	45,2	12
61	23,58	16,11	68,3	7,47	31,7	17
61	18,45	11,46	62,1	6,99	37,9	21
70	27,58	18,24	66,1	9,34	33,9	20
70	21,98	13,88	63,1	8,10	36,9	23
83	28,80	17,97	62,4	10,83	37,6	34
80	25,09	15,85	63,2	9,24	36,8	24
93	34,62	24,25	70,0	10,37	30,0	28
90	29,49	21,35	72,4	8,14	27,6	30

Б У К

38	12,61	8,99	47,5	6,62	52,5	—
38	8,29	3,48	42,0	4,21	58,0	—
51	16,71	8,22	49,2	8,49	50,8	—
53	11,48	5,94	51,7	5,54	48,3	—
66	26,16	15,59	59,6	10,57	40,4	—
70	18,91	11,67	61,7	7,24	38,3	—
86	24,85	14,13	56,9	10,72	43,1	—
86	20,67	10,73	51,9	9,94	48,1	—
107	30,57	18,90	61,8	11,67	38,2	—
107	24,82	14,64	59,0	10,18	41,0	—

Поэтому учет отмирания ветвей по формуле  $\frac{hm}{H} \times 100$  характеризует и полноту насаждения.

Примером могут служить следующие данные о процентах кроны в ельниках различной степени полноты:

	кроны (%)
I — редкое . . . . .	60—65
II — средней полноты . . . . .	50—52
III — полное . . . . .	40—46
IV — густое . . . . .	34—37

Густота древостоя представляет собой в распоряжении лесного хозяйства средство искусственно ускорять процесс очищения, или, точнее, отмирания живых сучьев на стволах в насаждении.

В-четвертых, значение географической широты в процессе очищения стволов еще недостаточно выяснено.

По-видимому, в более южных широтах, где солнце бывает летом в зените и лучи его вертикально проникают глубоко в полог леса, отмирание ниж-

них ветвей замедляется по сравнению с северными широтами, где солнце, мало поднимаясь над горизонтом, лишь на  $26,5^\circ$ , бросает на земную поверхность лишь косые лучи, и поэтому происходит взаимное затенение кроен в лесном пологе.

Для иллюстрации этой мысли можно привести следующие данные.

Средняя длина кроны в пихтарниках старшего возраста в Швейцарии составляет 10—12 м и в исключительных случаях 13—14 м, а в более молодых пихтарниках 6—7 м.

В Вюртемберге же в пихтарниках крона имеет длину всего только 6—7—8 м и лишь в исключительных случаях 9—10 м (как, например, в 147-летнем пихтарнике с длиной кроны 10 м).

Кроны в 80—100-летних буковых насаждениях в Швейцарии имеют среднюю длину 12 м, достигая иногда 13—15 м.

В Вюртемберге же они в большинстве случаев бывают длиной 8—10 м, изредка поднимаясь до 10—12 м.

В 80—100-летних ельниках в Швейцарии кроны имеют среднюю длину 11 м и в некоторых насаждениях до 12—16 м. В Вюртемберге же на них приходится всего лишь 9—10 м и максимум 11—12 м.

В сомкнутых старых ельниках в Австрии, судя по данным Шиффеля, длина кроны на 2—3 м больше, чем в Швейцарии; так, в ельниках высотой 32 м крона имеет длину в Швейцарии 11 м, а в Австрии 14 м; при высоте ельников в 20 м крона имеет длину в Швейцарии 7, а в Австрии 9 м.

Причину затрудняюсь указать. Не сказывается ли по мере движения к востоку континентальность климата?

В сомкнутых сосновых насаждениях у нас, по массовым измерениям, средняя длина живой кроны, в зависимости от географической широты, составляет:

в 45-летнем возрасте, в Жиздринском уезде б. Калужской губернии, при 17-метровой средней высоте насаждения—8,8 м с колебаниями от 3,1 до 13,4 м (амплитуда 10,3 м); а в б. Московском уезде (Петровская дача), при 17,5-метровой высоте насаждения—всего 6—6,3 м с колебаниями от 2,5 до 11,4 м (амплитуда 8,9 м);

в 60-летнем возрасте, в Жиздринском уезде б. Калужской губернии, при 22,2-метровой средней высоте насаждения—9,4 м с колебаниями от 2,1 до 15,5 м (амплитуда 13,4 м), а в б. Московском уезде (Петровская дача), при 24-метровой средней высоте насаждения—лишь 7,2 м с колебаниями от 4,2 до 10,9 м (амплитуда лишь 6,7 м);

в 80-летнем возрасте, в б. Самарской губернии (Бузулукский бор), при 24-метровой средней высоте насаждения—13,3 м с колебаниями от 3,5 до 20,1 м (амплитуда 16,6 м);

в 100-летнем возрасте насаждения, в Жиздринском уезде б. Калужской губернии, при 28,4-метровой средней высоте насаждения—13,2 м с колебаниями от 7,4 до 19,3 м (амплитуда 11,9 м), в б. Московском уезде в 70-летних сосняках при 25-метровой средней высоте насаждения—всего лишь 8,3 м с колебаниями от 4,2 до 11,0 м (амплитуда лишь 6,8 м).

Итак, по мере движения на юг, благодаря более высокому солнцестоянию, длина кроны сосны значительно возрастает (на 2—2,5 м), и размах колебаний этой длины становится огромным (амплитуда увеличивается в 2—2,5 раза).

Надо, впрочем, заметить, что взятые южные сосняки произрастают на борových песках, а московские—преимущественно на суглинках, и поэтому они не вполне сравнимы.

В-пятых, в деле очищения стволов от живых сучьев на хвойных деревьях имеют также значение засушливые и влажные периоды. При засухе, за недостатком влаги, на хвойных деревьях, наряду с образованием коротких вершинных побегов, развиваются мутовки из коротких, тонких и чахлах разветвлений.

В последующие же благоприятные для роста леса нормальные годы образуются хорошо развитые мутовки, которые живут долгое время. Эти пышно развитые ветви заглушают и затеняют собой возникшие при засухе короткие и чахлые мутовки, которые расположены под ними, и поэтому в скором времени засыхают и отпадают со стволов.

В-шестых, в одном и том же насаждении ход и размер очистки стволов от сучьев совершается неодинаково на разных классах деревьев; на господствующих классах очистка идет сравнительно слабее, чем на деревьях угнетенных классов. На этих последних процент длины кроны гораздо меньше, чем на господствующих классах.

На деревьях опушечных, освещаемых солнцем, и на расположенных у просветов и прогалинок в насаждении очищение стволов, в отношении стран света, идет настолько различно, что крона принимает своеобразную разнoboкoсть: на стороне ствола затененной очищение идет гораздо сильнее и поднимается выше, нежели на освещенной; в частности, на опушечных деревьях с южной и юго-западной стороны ствола живые сучья значительных размеров в длину и толщину и спускаются по стволу гораздо ниже, чем на противоположной стороне, благодаря чему эти деревья могут в пасмурную погоду исполнять роль компаса заблудившемуся в лесу путнику.

Нельзя не обратить внимания на подмеченную мной в сомкнутых сосняках, подмосковных, следующую закономерность структуры насаждения, в связи с очисткой стволов: разница между максимальной и минимальной высотами деревьев (среднее из трех измерений) равна разнице между максимальной и минимальной высотой до живых сучьев.

Так, в Петровской даче на пробе № 52 13-го квартала (в 29-летнем сосняке).

Высота сосны (м)		Высота до живых сучьев (м)	
Максимальная . . . . .	13,89	Максимальная . . . . .	9,70
Минимальная . . . . .	9,88	Минимальная . . . . .	5,70
<hr/>		<hr/>	
Разница . . . . .	4,01	Разница . . . . .	4,00

Важно было бы исследовать эту закономерность в различных географических широтах. Несомненно, она подвержена определенной изменчивости по широте, в зависимости от высоты солнцестояния в течение вегетационного периода. На севере, например, на широте Архангельска, солнце, мало поднимаясь над горизонтом, летом бросает на поверхность земли лишь очень косые лучи. Вершинки оставших в росте деревьев в насаждениях, не освещаясь непосредственно солнечными лучами и будучи в постоянной тени от густых крон соседних деревьев, быстро погибают. При этих условиях в результате должен быть редкий древостой (это действительно так и есть) и лишь незначительная разница между максимальной и минимальной высотами деревьев в сообществе.

Правда, на севере кроны деревьев, в том числе и у ели, очень узкие, остроконические.

Очищение древесного ствола от живых сучьев есть общий закон жизни лесорастительных сообществ на земном шаре.

Этот биологический процесс в лесном сообществе сопровождается образованием сухостоя из угнетенных классов деревьев (V и IV класс). Отмирание живых ветвей на угнетенных деревьях, подвигаясь вверх, охватывает все большую и большую часть кроны, так что живой остается лишь самая макушка или несколько верхних боковых ветвей; наконец, угасает жизнь и в этих отмирающих частях и получается покойник—сухостой.

Очищение ствола и образование сухостоя—два сопутствующих явления в жизни насаждения, обуславливаемые одними и теми же причинами—недостатком света и влаги.



Оба эти явления поэтому находятся в тесной связи между собой. Чем энергичнее происходит в насаждении очищение стволов от сучьев, тем сильнее идет смертность угнетенных деревьев, отпад их.

Математическим языком говоря, сухостой—это дерево, которого длина живой кроны равна нулю.

В заключение надо сказать, что вообще длина кроны в сомкнутом насаждении имеет чрезвычайную важность для объяснения весьма многих лесоводственных явлений, и дальнейшие исследования этого предмета крайне необходимы.

Отенение почвы, задержание лучеиспускания, общая масса листвы и хвои в связи с образованием мертвой подстилки и с годичным приростом древесины, выделение подчиненных классов, плодоношение деревьев, опасность ветровалов и снеголома и, наконец, степень и повторяемость промежуточных пользования и ход семенных (постепенных) рубок—все это должно существенно изменяться в зависимости от средней длины живой кроны в насаждении.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ . . . . .	5
ВВЕДЕНИЕ . . . . .	11
I. УЧЕНИЕ О НАСАЖДЕНИИ . . . . .	17
II. ПОЛНОТА НАСАЖДЕНИЯ . . . . .	60
III. ДОБРОТНОСТЬ НАСАЖДЕНИЯ . . . . .	66
IV. ВОЗРАСТ НАСАЖДЕНИЯ . . . . .	69
V. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДРЕВЕСНОГО РАСТЕНИЯ	75
VI. НАЗНАЧЕНИЯ И ФУНКЦИИ ДРЕВЕСНОГО СТВОЛА . . . . .	79
VII. СТВОЛ ДЕРЕВА . . . . .	100
VIII. ОТНОШЕНИЕ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ К СВЕТУ . . . . .	112
IX. ОТНОШЕНИЕ ЛЕСА К ВЛАГЕ . . . . .	157
X. СТЕПИ И ПУСТЫНИ . . . . .	241
XI. ЛЕДНИКОВАЯ ЭПОХА . . . . .	277
XII. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ПОСЛЕ ЛЕДНИКОВОЙ ЭПОХИ . . . . .	302
XIII. ТИПЫ НАСАЖДЕНИЙ . . . . .	326
XIV. СФАГНОВОЕ БОЛОТО . . . . .	349
XV. ЗАБОЛАЧИВАНИЕ ЛЕСОВ . . . . .	358
XVI. ВЕЧНАЯ МЕРЗЛОТА ПОЧВЫ . . . . .	371
XVII. РОСТ НАСАЖДЕНИЯ В ВЫСОТУ . . . . .	384
XVIII. ОБРАЗОВАНИЕ НАСАЖДЕНИЯ . . . . .	410
XIX. НИЗКОСТВОЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО . . . . .	437
XX. КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕРЕВЬЕВ В СООБЩЕСТВЕ . . . . .	442
XXI. БОНИТЕТ МЕСТА . . . . .	448
XXII. КАТЕГОРИИ НАСАЖДЕНИЙ ПО ПРОИСХОЖДЕНИЮ . . . . .	456
XXIII. САМОИЗРЕЖИВАНИЕ НАСАЖДЕНИЯ . . . . .	463
XXIV. ОТПАД НАСАЖДЕНИЯ . . . . .	473
XXV. ОЧИЩЕНИЕ СТВОЛА ОТ ЖИВЫХ СУЧЬЕВ . . . . .	477

*Нестеров Николай Степанович*  
ОЧЕРКИ ПО ЛЕСОВОДСТВУ

Редактор *А. М. Брелихин.*  
Художник *М. Э. Шлозберг.*  
Художественный редактор *Е. И. Веткова.*  
Технические редакторы: *З. П. Зубрилина*  
и *З. Д. Горькова.*  
Корректор *А. М. Якушева*

\* \* \*

Слано в набор 2/II 1960 г. Подписано к печати 9/V 1960 г. 1 05759. Формат 70×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печ. л. 30,5 (41,78). \ ч -изд. л. 44,23. Изд. № 1358. Тираж 5000 экз. Заказ № 96. Цена 14 р. 80 к. С 1.1 1961 г. — 1 р. 48 к.

\* \* \*

Сельхозгиз, Москва, К-31, ул. Дзержинского, д. 1/19  
Набрано в Московской типографии № 5 Мосгорсовнархоза. Отпечатано с матриц в Книжной областной типографии Кневского облздата, г. Б. Церковь, ул. Карла Маркса, 4.  
Зак. № 101.