631
С 23
367300

ПАМЯТИ АКАДЕМИКА В. Р. ВИЛЬЯМСА

ИЗДАНИЯ ВОЕННЫХ ЛЕТ
1941-1945

P. T. Barnum.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ПОЧВЕННЫЙ ИНСТИТУТ АН СССР им. В. В. ДОКУЧАЕВА, КАФЕДРА ПОЧВОВЕДЕНИЯ ТСХА И ПОЧВЕННО-АГРОНОМИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ НКЗ СССР им. акад. В. Р. ВИЛЬЯМСА

СБОРНИК ПАМЯТИ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

Под редакцией чл.-корр. АН СССР, заслуженного деятеля науки проф. В. П. БУШИНСКОГО

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА 1942 ЛЕНИНГРАД

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СБОРНИК ПАМЯТИ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

В. Р. ВИЛЬЯМС

ПЕРСПЕКТИВНАЯ ПРОГРАММА РАБОТ ОТДЕЛА БИОЛОГИИ ПОЧВЫ ИНСТИТУТА АГРОПОЧВОВЕДЕНИЯ ВАСХНИЛ

Исходя из целевой установки Отдела биологии почвы, два цикла вопросов в порядке их логической последовательности подлежат изучению персоналом этого отдела и других отделов, близко соприкасающихся с этими вопросами:

А. Эволюция элементов плодородия почвы в зависимости от биологического воздействия трех наземных растительных формаций — деревянистой, луговой и степной — на различные типы материнской породы.

Б. Динамика эволюции прочнокомковатой структуры почвы, как основной фактор эволюции элементов плодородия почвы.

В порядке же актуальности вопросов, с точки зрения требований сегодняшнего дня, предъявляемых Институту агропочвоведения со стороны нашего реконструируемого сельскохозяйственного производства, второй цикл вопросов (Б) должен быть поставлен на передний план и на их изучении должно быть сосредоточено на ближайшее время главное внимание Отдела биологии почвы и других отделов.

Этот цикл вопросов разбивается на три категории вопросов, подлежащих изучению следующими отделами института:

I. Значение прочности структуры в эволюции элементов плодородия почвы в различных почвенно-климатических зонах.

Отдел динамики физических свойств почвы.

1. Роль прочноструктурного состояния почвы в водном режиме этих почв в условиях различных почвенно-климатических зон.

а) Запас воды структурной и бесструктурной почвы (усвоение осадков, поверхностный сток).

б) Прочность запаса воды и источники расхода этого запаса.

Испарение почвою воды при различном расположении структурных и бесструктурных горизонтов почвы, в условиях покрытия почвы растительностью и без растительного покрова, при беспрерывном и прерывистом снабжении водой.

Испарение в условиях различного теплового режима этих почв и различной экспозиции.

пород. Каспийские бурые глины как ледниковый рухляк пород пермской формации. Центры оледенения, давшие начало образованию материнских пород европейской и азиатской частей СССР. Погребенные лёссы и морены как результаты периодичности оледенений.

II. Динамика первичной стадии почвообразовательного процесса.

1. Роль хемотрофных организмов в обособлении первичных почвенных образований. — Отдел биологии и микробиологии.

2. Роль анаэробных бактерий в процессе дальнейшей эволюции почвенных образований.

3. Роль аэробных бактерий как элементов, подготовляющих субстрат для дальнейшего развития почвы.

4. Роль низших грибов в первичном почвообразовательном процессе.

5. Зеленые водоросли как организмы, определяющие переход первичного налета почвы в обособленный горизонт органического вещества.

6. Роль лишайника в изменении темпа накопления органического вещества. Лишайник как первое проявление совместного симбиотрофизма. Роль лишайников в динамике явлений переноса продуктов выветривания и в подготовлении субстрата для растений корневых. — Отдел биологии почвы.

7. Пустынный загар как первичная почва. — Отдел биологии почвы.

8. Высокая тундра. — »

III. Динамика эволюции почвообразовательного процесса под пологом деревянистой растительности.

1. Биология деревянистой растительной формации.

а) Особенности динамики требований этой формации к воде. — Отдел биологии почвы.

б) Микотрофизм зольного и азотного питания этой формации. — Отдел биологии и микробиологии.

в) Особенности геотропизма у лесных деревьев. — Отдел биологии почвы.

2. Физикохимические особенности мертвого лесного покрова, определяющие динамику биологических процессов его разрушения. — Отдел биологии и микробиологии почвы.

а) Флора и фауна, разрушающие мертвый лесной покров.

б) Условия, определяющие направление процесса разрушения и продукты его.

3. Динамика эволюции подзолистого горизонта. — Отдел биологии и динамики химических свойств почвы.

а) Анализ условий образования подзолистого горизонта.

б) Динамика степени оподзоливания в зависимости от состава материнской породы.

в) Влияние рельефа местности и свойств материнской породы на степень выраженности подзолистого горизонта.

4. Динамика эволюции рудякового горизонта. — Отдел биологии и микробиологии почвы.

а) Анализ условий биологического населения рудякового горизонта.

б) Органические и органоминеральные соединения рудякового горизонта.

в) Анализ влияния различных моментов обособления рудякового горизонта на его свойства.

г) Влияние степени выраженности различных фаз развития рудякового горизонта и свойств материнской породы на его особенности.

д) Влияние рельефа местности и свойств материнской породы на положение, выраженность и свойства рудякового горизонта.

5. Динамика эволюции глеевого горизонта. — Отдел биологии и динамики химических свойств почвы.

а) Динамика условий обособления глеевого горизонта.

б) Характер соединений железа в глеевом горизонте.

в) Органические и органоминеральные соединения глеевого горизонта.

г) Влияние рельефа и свойств материнской породы на степень выраженности и состав глеевого горизонта

6. Влияние подзолообразовательного процесса на эволюцию форм рельефа. — Отдел геоморфологии.

7. Динамика влияния деревянистой растительности на изменение свойств горизонта материнской породы. — Отдел биологии почвы.

8. Влияние рельефа на динамику почвообразовательного процесса. — »

9. Влияние свойств материнской породы на природные проявления подзолообразовательного процесса — латериты и другие. — »

IV. Динамика эволюции дерновой стадии почвообразовательного процесса.

1. Динамика причин смены деревянистой растительной формации луговой формацией. — Отдел биологии и геоботаники.

2. Биология травянистых растительных формаций и динамика их генетических соотношений. — »

3. Динамика смены лугового периода дерновой стадии. — Отдел биологии и геоботаники.

а) Эволюция и состав корневищевой фазы и ее влияние на обособление производственных свойств почвы.

б) Дерновая стадия в области центральной части зернистой поймы. — Отдел динамики кормовой площади.

в) Рыхлокустовая фаза лугового периода. — Отдел динамики систем земледелия и биологии почвы.

1) Динамика обособления производственных свойств почвы.

2) Элементы плодородия почвы.

3) Затухание элементов плодородия почвы и его причины.

4) Способы искусственного воссоздания производственных свойств почвы.

5) Причины, вызывающие неизбежность смены рыхлокустовой фазы плотнокустовой.

4. Динамика смены лугового периода болотным периодом. — Отдел биологии и геоботаники.

а) Биология плотнокустовых злаков. Микотрофизм. Аэренхима. Плотность куста.

б) Последствия морфологических признаков и биологических особенностей плотнокустовых злаков.	
Обособление торфяного горизонта.	
Прогрессивное обеднение нарастающего торфяного горизонта.	
в) Причины неизбежности появления деревянистой флоры в течение болотного периода.	
Биология кустарниковой флоры.	
Биология болотных деревьев.	
Биология вересковых, ягодных и карликовых кустарников.	
г) Эволюция травянистой флоры болотного периода.	
Биология осок.	
Биология разнотравия.	
д) Эволюция мохового покрова болота.	
Биология зеленых мхов.	
Биология сфагнового мха.	
Биология печеночников.	
е) Динамика процесса отмирания болота.	
Биология насекомоядных.	
Биология лишайников.	
5. Природное проявление смены фаз дерновой стадии почвообразовательного процесса.	
а) Влияние рельефа на темп смены фаз дерновой стадии.	Отдел биологии.
б) Влияние свойств материнской породы на темп и динамику смены фаз дерновой стадии.	Отдел биологии и динамики химических свойств почвы.
Болота водораздельные.	
Болота низовые.	
в) Притеррасные тони.	
Геологическое строение области притеррасной поймы.	Отдел геоморфологии.
Водный режим. Пищевой режим.	Отдел биологии.
Роль бактериотрофных организмов.	Отдел биологии и микробиологии.
Микрорастительные сообщества.	
Биология высшей растительности притеррасной топи.	Отдел биологии и геоботаники.
Сапропелит, луговая известь, вивианит, охра, пресноводный трепел.	Отдел динамики химических свойств почвы и систем удобрения.
Хозяйственное использование области притеррасной топи.	Отдел районирования и организации территории.
г) Рендзины.	Отдел биологии и динамики химических свойств почвы.
6. Динамика эволюции черноземного периода дерновой стадии.	
а) Влияние свойств материнской породы на динамику развития черноземного периода.	Отдел биологии.
б) Эволюция водораздельного болота в северный чернозем.	
Процессы выветривания водораздельных болот.	
Процессы обособления горовых черноземов и их свойства.	
Обособление долинных черноземов и черноземов склонов.	

в) Эволюция чернозема на карбонатной морене. Лесостепь. Обыкновенный чернозем. Включения в черноземах на карбонатной морене.	Отдел биологии и геоботаники.
г) Эволюция чернозема на пермской морене. Широколиственные леса. Березовая степь. Тучные черноземы.	»
д) Черноземы Западно-Сибирской низменности.	»
7. Влияние широтных и высотных климатических условий на динамику дерновой стадии.	
а) Динамика эволюции дернового процесса в области низкой тундры.	Отдел биологии и геоботаники.
б) Использование области низкой тундры как пастбищного и сенокосного угодия и под скороспелые овощные культуры.	Отдел районирования и организации территории.
в) Динамика явления вечной и погребенной мерзлоты.	Отдел биологии и геоморфологии.
г) Высокогорная тундра, субальпийские и альпийские луга. Альпийское хозяйство.	Отдел биологии, геоботаники и организации территории.
8. Влияние местных условий на эволюцию дерновой стадии.	Отдел биологии.
а) Зарастание озер.	
б) Зарастание речных заводей.	
V. Динамика эволюции степной стадии почвообразовательного процесса.	
1. Динамика и причины эволюции луговой растительной формации в степную.	Отдел биологии почвы.
2. Биология степной растительной формации.	Отдел биологии и геоботаники.
а) Биология эфемеров.	
б) Биология группы степных растений.	
в) » » глубококорневых растений.	
г) » » корневищевых растений.	
д) » » однолетних солянок.	
е) » » многолетних солянок.	
ж) » » тугайных и коридорных лесов.	
3. Динамика воздействия степной растительной формации на эволюцию процесса деградации дерновых почв.	Отдел биологии, геоботаники и динамики химических свойств почвы.
а) Динамика обособления свойств южных черноземов.	
б) Динамика обособления свойств солонцов.	
в) Динамика обособления каштановых и бурых почв.	
г) Выработка и обоснование приемов борьбы с отрицательными культурными свойствами деградирующих почв.	Отдел коренных улучшений.
4. Динамика почвообразовательного процесса, протекающего под покровом степной растительной формации.	Отдел биологии и микробиологии.
а) Эволюция динамики пищевого режима.	Отдел динамики химических свойств почвы.
б) Динамика обосоления водного режима почвы.	Отдел динамики физических свойств почвы.
в) Динамика обособления водного режима страны.	Отдел геоморфологии.

г) Состав солей засоленных почв и солончаков. — Отдел динамики химических свойств почвы.

д) Выработка и основание приемов борьбы с отрицательными культурными свойствами степных почв. — Отдел коренных улучшений и систем земледелия.

Борьба с солевым режимом.

Придача степным почвам нормального водного режима.

5. Проявление степного почвообразовательного процесса в области дернового процесса.

а) Водный и пищевой режим слоистой поймы. — Отдел биологии, геоботаники и кормовой площади.

б) Область аллювиальных песков. — Отдел биологии, геоморфологии и коренных улучшений.

в) Область высокогорных и тугайных солончаков. Такыры. Алла..

г) Область материковых песков. — »

VI. Влияние эволюции почвообразовательного процесса на эволюцию климата и борьба с пустыней. — Отдел биологии, геоморфологии и организации территории.

VII. Влияние эволюции почвообразовательного процесса на эволюцию элементов геоморфологии и свойств материнской породы. — Отдел биологии, геоморфологии и организации территории.

Хозяйственное значение ландшафта.

Ландшафт тундры.

» лесолуговой зоны.

» луговостепной зоны.

» степи.

» пустыни.

19 XI 1930.

ОБЪЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К ПЕРСПЕКТИВНОЙ ПРОГРАММЕ РАБОТ ОТДЕЛА БИОЛОГИИ ПОЧВ ИНСТИТУТА АГРОПОЧВОВЕДЕНИЯ ВАСХНИЛ

Целевая установка Отдела биологии почв — изучение соотношения динамики эволюции высших растительных сообществ с динамикой эволюции низших растительных сообществ и почвенной фауны в их зависимости от природных условий перераспределения факторов жизни растений и их совокупного влияния на эволюцию и динамику изменения элементов плодородия почвы — ее водного и пищевого режима и условий урожайности сельскохозяйственных культур.

Развитию этой установки и посвящена прилагаемая при сем перспективная программа отдела биологии почв. При этом выделение цикла вопросов по динамике эволюции структуры почвы (п. Б программы) является до известной степени искусственным и сделано исключительно ради актуальности этих вопросов. В целях методологических этот цикл разбит на ряд тесно увязанных между собою тем, подлежащих одновременному изучению не только отделом биологии почвы, но и другими отделами института.

Разработка темы I, 1 должна быть произведена Отделом динамики физических свойств почвы в первую очередь, в виду ее крайней важности и в то же время сравнительной простоты вопросов, т. е. отсутствия в них элементов биологии.

Тема I, 2, касающаяся также очень важного элемента — пищевого режима почвы, требует также особо быстрой постановки, в виду того, что разработка и разрешение ее связано с рядом биохимических процессов, требующих времени для своего осуществления, и тема, таким образом, может затянуться не на один год.

Тема I. 3 должна послужить основанием для введения долголетних мероприятий (систем земледелия) и потому нуждается в быстрой ориентации, гарантирующей от ложных шагов.

Вопрос II, 1 очень важен, так как от его разрешения зависит строительство заводов, выпускающих тот или иной тип машин и орудий сельскохозяйственного производства.

Тема II, 2 является вопросом первой важности, как определяющая основы частоты обработок.

Тема II, 3 важна в смысле освещения органической неразрывности связи культуры однолетних и многолетних травянистых растений.

И, наконец, вопросы цикла III охватывают все детали паровой и травопольной системы земледелия и освещают моменты взаимоотношения культуры однолетних и многолетних травянистых растений, без точного знания которых не представляется возможным установить элементы травопольной системы земледелия в различных зонах.

Анализ цикла вопросов, обозначенных в программе буквой А, приводит к необходимости выделения в составе Института агропочвоведения в секторе генезиса почвы отдела геоморфологии. Задачу этого отдела составит изучение абиотических и геологических процессов, определяющих как динамику пищевого режима, так и динамику водного режима страны и территории хозяйства и ее влияние на перераспределение элементов пищи растений.

Другими словами, отдел геоморфологии, изучая свойства, распределение и генезис послетретичных отложений, даст прочное обоснование отделам агропочвенного районирования и организации территории хозяйства.

Из вопросов, перечисленных в этом цикле А и относящихся непосредственно к отделу биологии почвы, необходимо выделить две группы, начало разработки которых желательно в 1931 г.

К числу этих вопросов принадлежат такие, которые связаны с длительной подготовкой (лизиметры, вывозка почв из других зон) и регулярное изучение которых может начаться только после того, когда в сооружениях, необходимых для их решения, наступят условия известного равновесия элементов, не входящих в круг разрешаемого вопроса.

Вторая группа охватывает те вопросы, по которым у работников отдела биологии накопился значительный материал, требующий возможно быстрой обработки.

План работ отдела биологии почв на 1931 г. и смета расходов будут представлены в ближайшее время отдельно.

22/XI 1930 г.

В. Р. ВИЛЬЯМС

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН МУЗЕЯ ПОЧВОВЕДЕНИЯ им. акад. В. Р. ВИЛЬЯМСА

Общий тематический план музея почвоведения имени акад. В. Р. Вильямса подчинен руководящей идее, отличающей д и н а м и ч е с к о е у ч е н и е о п о ч в е, развившееся совместно с его автором в Тимирязевской сельскохозяйственной академии, в ее исторических и политических метаморфозах из прежней Петровской земледельческой и лесной академии в Московский сельскохозяйственный институт и после Великой Октябрьской Пролетарской революции вновь в Петровскую академию, далее в Московский институт агрохимии и почвоведения и, наконец, окончательно закрепившуюся в современной Тимирязевской сельскохозяйственной академии, вновь стремящейся отразить все стороны самого сложного производства человечества без отрыва их от политической действительности.

Неразрывная связь имени Тимирязева с Дарвином и такая же связь имени Вильямса с Пастером, не могли не предопределить объема и содержания науки о почве, которую должен отразить музей почвоведения Тимирязевской сельскохозяйственной академии.

Отражая учения Дарвина — Пастера, музей почвоведения должен прежде всего показать развитие почвы, он должен быть динамичен. Но, подобно учениям Дарвина и Пастера, он в освещаемых вопросах должен исходить из запросов производства и, проработав и разрешив их теоретически, возвратить для проверки правильности решения вновь в производство. Только таким путем он гарантируется от омертвления, от обращения в никому не нужную мертвую мумию «чистой» науки, той «науки», которая в лучшем случае старается заполнить свою зияющую пустоту «ползучим эмпиризмом» (Ленин) или цветистой латинско-греческо-русской морфологической трескучкой, которую часто и сам автор не понимает.

Как учение Дарвина—Пастера, так и учение о почве не может быть оторвано от жизни, для всех проявлений которой почва служит единственным входом и выходом (единство противоречий). Учение о жизни «биос» определяет и гарантирует развитие учения о почве по руслу материалистической диалектики. Значение почвы в развитии культуры человечества гарантирует и исторический разрез диалектики.

Так как жизнь едина и вся ее бесконечная многогранность—лишь развитие различных форм движения белка, то и процесс почвообразования может существовать только как единый, текущий в различных руслах с различной скоростью и, следовательно, в разных преемственных стадиях и фазах развития. Но в порядке историчности развития сельскохозяйственного производства, беспрерывно изменявшегося на живом почвенном покрове, и в результате стихийной непреодолимости планетарных условий земного шара, почва неоднократно подвергалась разрушению и разлагалась на мертвые элементы, рассеянные по всей дневной поверхности в связи с прецессионным обращением земного шара. Повсюду на огромном меридиональном и ши-

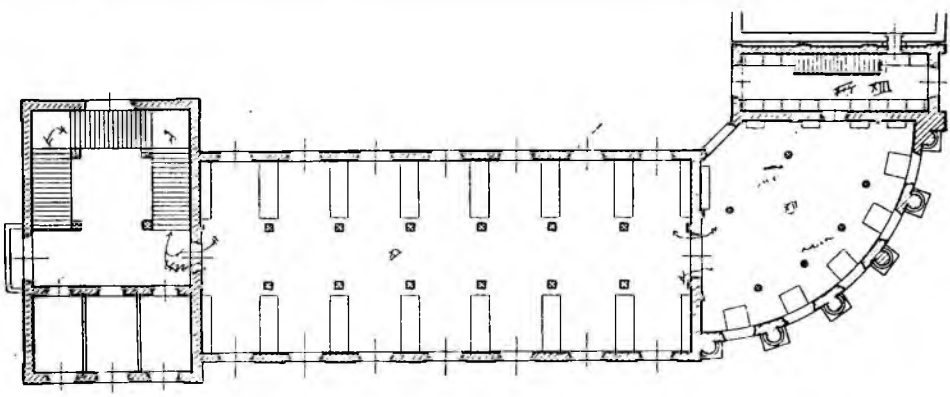
ротном протяжении СССР рассеяны реликты этого разрушения. Это — пережитки более ранних форм единого почвообразовательного процесса.

Поэтому с диалектической неизбежностью одновременно и совместно встречаются и все исторические реликты развития основного производства человечества. Ясно, что на нас, как на передовом потоке развития человеческого общества, его авангарде, лежит прямая обязанность выкорчевать пережитки. Но пытаться сделать это силой нельзя. Необходимо, чтобы производство, в лице его участников, само пришло к заключению об огромном вреде всех пережитков, тянущих производство назад и замедляющих его прогрессивный ход и, поняв это, осудило их. Большевистская наука несет те же обязанности, как и большевистская культура, ибо она — интегрирующая часть этой культуры.

* * *

Детали общего тематического плана музея почвоведения лучше всего выяснятся в порядке прохода посетителей.

Из вестибюля посетители по лестнице направляются в зал XI (фиг. 1). С правой стороны зала располагаются коллекции, иллюстрирующие первич-



Фиг. 1. Схематический план второго этажа нового здания музея почвоведения им. акад. В. Р. Вильямса (отдельные черновые пометки и маршрутные стрелки на плане нанесены рукой акад. В. Р. Вильямса).

ный почвообразовательный процесс на горных породах, процесс, принимаемый обычно за чисто физическое действие солнечного света, но на самом деле совершающийся исключительно под воздействием низших организмов, так называемый «загар» горных пород. Коллекции располагаются в витринах в таком порядке: сначала «пустынные лаки», затем бактериальный «загар», состав «загара»; затем следует воздействие первичных водорослей и лишайников; состав «метеорной пыли» — продукта ветрового переноса посмертного разрушения органического вещества лишайников. Корки щавелевокислого кальция и углекислой извести и их отложений в форме налетов и в виде псевдоморфоз по натечным и корковым лишайникам.

После этого следуют образцы выветривания чисто термического, выветривания химического и выветривания сложного пород карбонатных и их производных — лёссов; пород алюмосиликатных: 1) кислых и их производных — суглинков; 2) основных бескварцевых и их производных — лёссовидных пород и желтоземов; 3) пород кварцевых и их производных — песков. Все эти коллекции располагаются с правой стороны по ходу посетителей.

В том же ряду демонстрируется значение древесной растительности, горных сланцев, для закрепления коры выветривания, и посетители получают представление о переходе наружного стока атмосферных вод во внутренний сток. Демонстрируются образцы пролювия, каменных рек и селий и методика предупредительной борьбы с ними.

Процессы переноса продуктов выветривания тесно связаны с важнейшим в СССР вопросом о деятельности ледников, и здесь дается исчерпывающий материал по характеристике отложений ледника. Валуны, курчавые камни, глинистые валуны. Понятие о сортированности, полусортированности и отсутствии сортированности. Демонстрируются с исчерпывающей полнотой покровные образования и их несогласованность с современным рельефом, поддонная морена и основная морена кислых алюмосиликатных горных пород.

Детальный анализ морены карбонатных пород. Генезис известняков. Известняки глубокого и мелкого моря. Средоточие пищи растений в «фокусах». Местные экзотические валуны. Средне-русский лёсс. Подстилающие лёсс породы. Средне-азиатский лёсс. Пермская морена. Пестрые мергеля. Схема оледенения. Эратические валуны.

В порядке маршрута посетители проходят в зал XII (фиг. 1). Здесь на фоне богатейшей исторической коллекции минералов, кристаллов и горных пород бывшей России и СССР, собранной преемственными трудами Луэрбаха, Траутшольда (ученика и помощника Ю. Либиха) и Самойлова, помещается большая коллекция агрономических руд, растущая по сейчас под влиянием керченских работ профессора М. И. Кантора.

При зале XII находится большая светлая комната XIII для работ с поляризационным микроскопом, с темной комнатой для работы со спектроскопом. Внутренней лестницей комната XIII сообщается с комнатой над воротами для склада инструментов и приборов.

После ознакомления с сырьем туковой промышленности посетители, следуя маршруту, вновь вступают в зал XI и направляются по его северной стороне. Здесь они получают понятие о растительных формациях и их составе из неразрывного участия 2 типов организмов, синтезирующих и разрушающих органическое вещество. На поперечной стене — таблица Кларка и Вашингтона. Схема денудации и аккумуляции. Процесс метаморфоза и диагенезиса.

Типы растений, синтезирующих органическое вещество, деревянистых, травянистых луговых, травянистых степных. Типы организмов, разрушающих органическое вещество, наземные организмы, бескислородные бактерии и потребляющие кислород бактерии, грибы, актиномицеты, животные. Растительные формации в почвоведении и комбинации в них типов растений. Растительные экзоэнзимы.

Ферменты	Креновая кислота	Ульминовая кислота	Гуминовая кислота
	↓	↓	↓
	Процессы восстановления	Процессы денатурации	
	↓	↓	↓
	Апокреновая кислота	Ульмин	Гумин

После ознакомления с общими свойствами растительных формаций посетители останавливаются на детальном анализе условий, слагающихся всякой растительной формацией. Место ежегодного отложения отмирающего органического вещества. Лесная подстилка. Состав лесной подстилки. Дубильные вещества. Флора лесной подстилки. Грибы. Актиномицеты. Фауна лесной подстилки: черви-энхитреус, мухи — сциара, дрозофила, клопы, черепашки. Образование лесного войлока. Мицелий.

Процесс оподзоливания, как первый период единого почвообразовательного процесса. Первая фаза — на кислой алюмосиликатной морене. Вынос крената кальция. Вторая фаза — вынос свободной окиси железа, алюминия, марганца и кренатов щелочей из отходов леса. Промывка их. Третья фаза — воздействие креновой кислоты на силикаты и алюмосиликаты. Образование тех же кренатов. Выделение молекулярно-растворимой кремневой кислоты. Выпадение ее в кислой среде в форме кремнезема. Образование мучнистого слоя белого цвета. Заполнение кремнеземом всех полостей и промежутков.

Образцы кремезема. Формы пищи растений в породе. Фосфор в виде апатита в микровакуолях породы в жидкой углекислоте; сера в форме двусернистого железа, кубических кристаллов пирита в тех же микровакуолях. Их освобождение из вакуолей и растворение апатита в креновой кислоте. При выветривании пирит распадается на железный купорос и водную окись железа. Образование из железного купороса серной кислоты и водной окиси железа. Их растворение в креновой кислоте и вынос из подзолистого горизонта. pH подзолистого горизонта 4.5—5. Бактерии не могут развиваться, а для грибов креновая кислота ядовита, как их экскрет.

Все реакции в подзолистом горизонте сводятся к нейтрализации креновой кислоты. На некоторой глубине наступает нейтральная реакция. Бактерии, как растительная формация. В нейтральной среде фосфор выпадает в виде трехосновной кальциевой соли. Обилие пищи, но острый недостаток кислорода, как пищи. Как пищу анаэробы отнимают его от всех соединений, которые могут отдать весь или часть кислорода. Они восстанавливают среду. Это их качественный признак. Порядок восстановления такой: 1) креновая кислота, 2) окись железа, 3) окись марганца, 4) серная кислота, 5) сернистая кислота. Получается: 1) анокреновая кислота; все соли ее, кроме солей одновалентных металлов, нерастворимы, в воде они выпадают в форме гелей; 2) анокренаты окисей восстанавливаются в закиси; 3) серная кислота восстанавливается до сероводорода. Дальше проникают только анокренаты одновалентных металлов, единственный источник азота для деревянистой растительности. Поэтому вся деревянистая растительность микотрофна. Далее следует демонстрация осадков рудякового горизонта и демонстрируется образование рудяков и ортзандов.

Влияние рельефа. Водораздельные подзолы. Подзолы долин. Отложения рудяка в подзолистом горизонте. Чугунные почвы. Вынос анокрената закиси железа, окисление его в соли окиси железа и марганца железной кислоты в массе почвы и над ней. Охра и охряные болота. Известковый рудяк. Травертин. Туфы и луговой известняк. Облекание углекислой известью злаков, осок и мхов. Образование вивианита и трепелов.

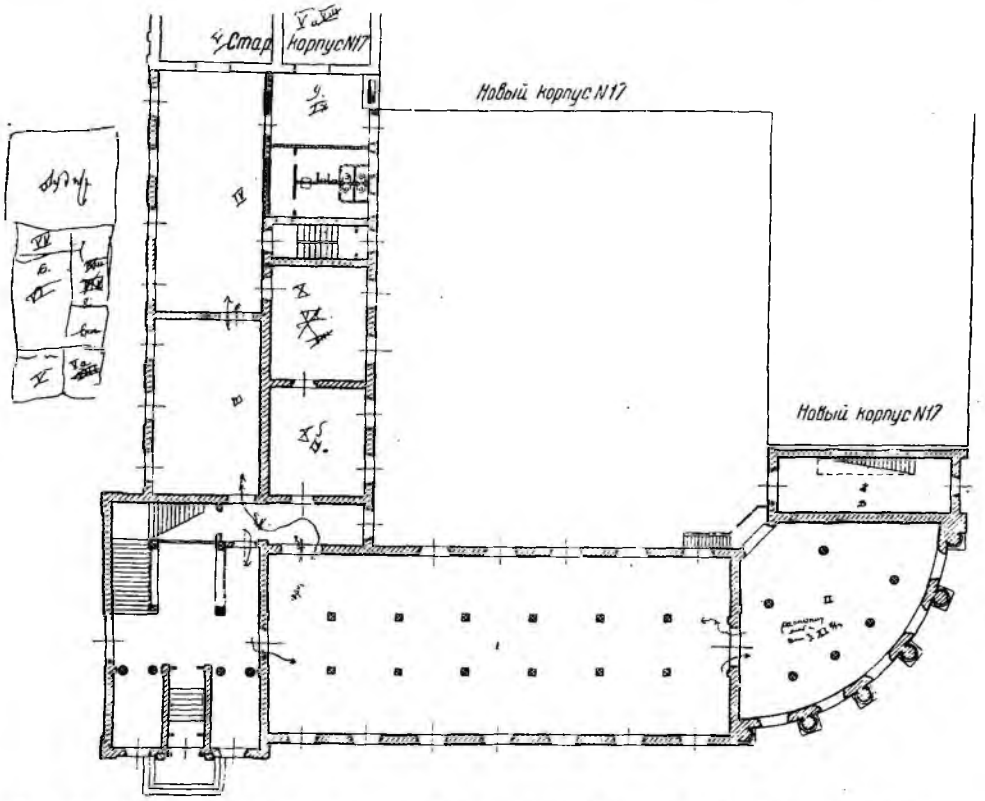
Фазы развития леса. Сомкнутое насаждение. Мертвый покров. Чистая форма подзолообразовательного процесса. Процесс осветления леса. Появление живого покрова травянистой растительности. Установившийся водный режим. Луговая растительная формация. Общие свойства луговой формации. Типы луговой растительности. Корневищевый тип. Симподиальное ветвление. Корневища и корни.

Автотрофный тип питания. Рыхлокустовый тип. Побеги. Глубокая корневая система. Факультативный микотрофизм. Плотнокустовый тип. Интравагинальное и экстравагинальное кущение. Заложение узла кущения выше поверхности почвы. Неизбежность накопления над поверхностью массы органического вещества. Заложение ложных корневищ. Торф и оторфление дернины.

Болотная стадия дернового периода. Общие признаки с дерновой стадией. Различительные признаки вышеназванных стадий. Причины смены фаз болотной стадии. Болотистый луг. Два типа растительности—плотнокустовый и корневищевый. Луговое болото. Деревянистая, грибная, корневищевая, плотнокустовая флора. Осоковое болото, та же растительность, но ива сменяется болотной березой. Разница между лесными и болотными деревьями. Зелено-моховое болото. Болотная береза, черника, брусника, плауны, гипновые мхи. Упразднение корня. Политриховые мхи. Начало образования кочек. Сфагновое болото. Карликовые деревья, ягодные кустарнички. Пушицы. Корневищевая флора. Фаза плотнокустовых растений.

Дальнейшее развитие дернового периода почвообразовательного процесса и переход дернового периода в лугово-степной период демонстрируется в зале I (фиг. 2), по такому же маршруту, как и для зала XI (фиг. 1).

Начальный стэнд посвящен процессу отмирания болота. Медленность волосного движения воды, как причина обособления торфяного зернистого слоя. Насыщение мертвого болота неподвижной водой. Прекращение регуляции весеннего стока. Переход в свою противоположность. Стихийные широкие потоки весенней воды. Снос зернистого слоя. Отложение зернистого слоя по склонам и в долинах. Закрепление делювия растущей дерниной склонов. Размыв территории оврагами. Обнажение богатого солями пищи растений болота и одновременное обогащение почвы дернины склонов. Освоение



Фиг. 2. Схематический план первого этажа нового здания музея почвоведения им. акад. В. Р. Вильямса (черновые пометки и маршрутные стрелки на плане нанесены рукой акад. В. Р. Вильямса).

наносов. Обособление северных (Докучаев) черноземов. Массовое развитие тонконогов и типцов. Участь проростков налета семян осины и березы. Распашка «сухих болот». Процесс прорыва «чернеющих» болот в Швейцарии, Шотландии и Западной Сибири.

Бурное развитие древесной формации на карбонатной морене на основе «фокальной» концентрации в с е х элементов пищи растений. Лесная подстилка на карбонатной морене имеет pH 7—8. В рухляковую породу не проникает свободная креновая кислота, а кренаты почвы исключительно кальция и одновалентных металлов. Под влиянием двухвалентного карбоната кальция все частички лёсса образуют микроструктурные отдельности. В легко проницаемой породе уровень и движение почвенной воды всегда подчиняется влиянию мезорельефа. Поэтому и выделение нерастворимого апокрената кальция подчинено тому же мезорельефу. Журавчики.

При наступлении фазы осветления леса, состоящего из смешанных пород, развитие травянистой растительности принимает бурный характер на

основании того же «фокального» сосредоточия в с е х элементов пищи растений. Идет быстрое накопление органического вещества, наступление анаэробиозиса и лишение леса воды и пищи. Истощенный лес б е с с л е д н о погибает, оставив в почве только журавчики.

Одна луговая степь владеет территорией, и с прежней равномерностью, определяемой мезорельефом, наступает последняя фаза ее развития — ковыльная степь с почвой, покрытой «степным» мертвым покровом, и с массой вкрапленной древесной растительности и бобовых многолетников.

Обесструктуренная масса мертвого органического вещества заполняет все полости и промежутки почв, не пропускает воду и легко пересыхает. Мертвое органическое вещество при высыхании уменьшается в объеме и разрывает почву трещинами вдоль и поперек. Летние ливни мгновенно заполняют трещины водою и начинается процесс размыва территории и образование оврагов в направлении от водоразделов к долинам (П. А. Костычев).

«Обыкновенный» чернозем, правильнее чернозем на карбонатной морене, закончил цикл развития и начинается его деградация.

Третий тип чернозема развивается на пермской морене, продукте выветривания пермских пестрых мергелей. Пермские пестрые мергеля — продукт наземного образования на тяжелой глинистой породе. Делювиальный нанос продуктов подзолообразовательного процесса бескварцевой и бескарбонатной алюмосиликатной плагиоклазовой породы. Делювий рудякового горизонта залегает вперемежку (слоями) с продуктами выветривания такой же бескварцевой карбонатной породы. Порода подстилает свою морену, перекрытую кислой алюмосиликатной мореной на разных глубинах от Северной области через Вологодскую, Ивановскую, Горьковскую и ряд юго-восточных областей в виде так называемых сыртовых глин вплоть до Каспийского моря; пестрые мергеля обнажаются в обрывах берегов крупных северных и восточных рек Союза.

В том же направлении снесены и перемыты продукты выветривания этой породы в форме малиновой крупнокомковатой массы морены с мягкими валунами такого же цвета. Красная окраска зависит от более или менее обильной примеси апокрената железа, содержащего много азота. Получается смесь тяжелой глины, апокрената железа и карбоната кальция.

Деревянистая растительность, обеспеченная массой воды, проникающей в структурную породу и не ограниченная запасом пищи, образует широколиственные леса.

Липа, дуб, клен, ясень, осина, береза достигают гигантских размеров. Ясно, что и лесная подстилка выражена очень мощно. pH подстилки 5.5—6, и вся креновая кислота, проникающая в породу, нейтрализуется и определяет нерезко выраженный подзолообразовательный процесс. В почве и породе масса глины, окиси железа и углекислого кальция, так что нейтрализация креновой кислоты происходит быстро. Подзолистый горизонт не глубокий, рыжего цвета. Кренаты, вымываемые из подзолистого горизонта, быстро рассасываются по комковатой породе и образуют равномерное, мало заметное прокрашивание породы апокренатом железа.

Травянистая флора, появляющаяся во время фазы осветления леса, находит такие же, как и лес, условия для развития и быстро вытесняет корневые высокоствольные деревья. Остаются корневищевые формы — осина и береза, которые образуют фон «березовой степи» и в дальнейшем развиваются под названием «осиновых кустов». Это — тучные черноземы (Докучаев), с их изобилием тяжелой глины и огромным содержанием органического вещества. Еще дальше на восток, в Зауралье выражена еще разновидность кремнеземной морены, образовавшейся на южных отрогах Урала — Усть-Урта; на этой морене обособляется разность «сибирских» черноземов, еще мало изученных, и, повидимому, они должны быть причислены к разности северных черноземов.

Перечисленные типы черноземов представляют реальное народное богатство Советского Союза. Они составляют основу пшеничной базы СССР, образуя неисчислимые богатства по своим потенциальным возможностям, но предшествовавшее хищническое использование их природных свойств привело их не только в состояние «выпаханности» (лишения структуры), но и в состояние деградации. Они на пути быстрой утраты веками накопленного органического вещества и перехода северных черноземов в серые лесные земли, «обыкновенных» черноземов в бурые почвы, тучных черноземов в каштановые почвы и сибирских черноземов в трещинники. Так называемые «южные» черноземы представляют переходную фазу от обыкновенных и тучных черноземов к деградированным каштановым и бурым почвам. Стоящие особняком «предкавказские» и «азовские» черноземы, аналоги северных черноземов, также находятся в фазе деградации, характеризуемой названием южных черноземов.

Первый грозный признак деградации почв нашей пшеничной базы — поднятие горизонта вскипания все выше, вплоть до поверхности. За этим предупредительным признаком быстро, на памяти одного поколения, следуют уже настоящие симптомы процесса деградации в виде разных степеней солонцеватости, зависящих в формах выражения от мезо- и микрорельефа.

Обыкновенно приписывают процессы воздушной и почвенной засухи, запала, захвата, выгорания, черных бурь, помохи, мглы изменению климата; при этом забывают (вернее, не знают), что не почва—производное климата, а климат — производное почвы (П. А. Костычев). Последний момент чрезвычайно важен и демонстрируется на поперечной стене зала.

Как это ни странным может показаться с точки зрения обывательской логики (дедуктивного мышления), единственный способ борьбы (правильнее начала борьбы) с засухой и стихией деградации — лесоразведение. Причем не оазисное, а лесоразведение массовое, плановое, государственного масштаба, с системой мер ухода и поддержания.

Этой совершенно неотложной теме отводится зал II (фиг. 2). Общее направление темы исчерпывается лозунгом: «Лес агрономического значения— не цель культуры, он — агротехническое средство».

Отдел агрономической лесомелиорации развернут по трем разделам: 1) организация лесов агрономического значения, 2) техника защитного лесоразведения, 3) эффективность агрономических лесов.

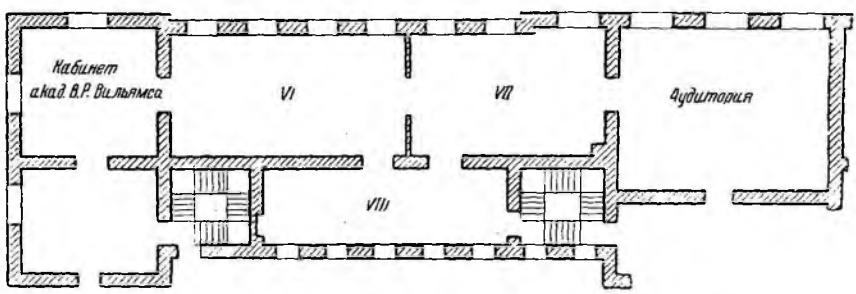
Раздел первый. Охватывает развитие лесоаграрной проблемы. Дореволюционный период. Докучаевские насаждения Каменной степи и др. Послереволюционные работы. Второй раздел. Ассортимент деревянистых и кустарниковых пород. Выращивание посадочного материала (питомники). Типы и формы насаждений. Подготовка почвы. Уход. Продуктивность (рост). Третий раздел. Эффективность агролесов и полос. Влияние на водный режим и сток. Влияние на ветровой режим. Влияние на водную и ветровую эрозию. Урожайность в открытой степи и среди полос.

После ознакомления с системой агролесомелиорации посетители переходят в зал I, где, следуя порядку маршрута, по северной стене знакомятся с процессом деградации черноземных почв и с переходом лугово-степной стадии дернового периода единого почвообразовательного процесса в его степной период. Здесь экскурсант познакомится со всеми разностями солонцов. Выцветы кремневой и кремне-титановой кислот. Состав почвенных вод. Пустынный покров. Окатанные камни. Покров, образуемый мокрицами. Камеры саранчевых, жуков, пауков. Чисто термическое выветривание. Процесс образования такыров. Ала. Среднеазиатский лёсс, как карбонатная морена. Афганский лёсс.

Повторность оледенения. Прецессионное вращение земного шара. Области холода. Направление движения ледников. Нутационное движение

земной оси. Направление прецессионного вращения земного шара. Время полного оборота.

Следующий зал III (фиг. 2), в который по маршруту вступает экскурсант, посвящен развитию почв, которые кажутся выпавшими из цикла единого почвообразовательного процесса. Прежде всего, желтозем, принимаемый за почву, на самом деле продукт выветривания ультраосновных, чаще бескварцевых пород. Дальше следуют красноземы; они представляют продукт выветривания змеевиков или темноокрашенных известняков или метаморфических кристаллических мраморов в условиях ярко выраженного аэробного почвообразования. В случае накопления продуктов выветривания в условиях отсутствия древесной растительности и при пышном развитии травянистой флоры, в морском климате образуется богатая структурная почва коричневого цвета. Это — буроземы Раманна. Все эти почвенные раз-



Фиг. 3. План размещения отдельных разделов музея почвоведения в старом здании музея, согласно утвержденной академиком В. Р. Вильямсом тематике.

ности представляют результаты проявления резкого преобладания влияния рельефа и встречаются исключительно в горных областях. Наиболее яркое и полное выражение влияния горного рельефа на почвообразовательный процесс представлено на западном Закавказье, в районе культуры чая и цитрусовых. Принято выделять почвы этих районов как продукт особого, так называемого «латеритного» почвообразования. Прежде всего обращает внимание, что латериты по окраске бывают самые разнообразные: белые, желтые, красные, лиловые, черные. На самом деле в верхних областях горного рельефа развиты густые леса: бук, граб, ольха, самшит, каштан, орех, черешня. Подстилка ярко выражена и под ней залегает белый «латерит», иначе бескварцевый «мягкий» подзол, так как горные породы — бескварцевые андезиты, иногда базальты.

Рудяковый горизонт непосредственно под подзолом не выражен. Кренаты быстро выносятся на склоны и там обращаются в апокренаты, прокрашивая рухляки склонов в самые разнообразные цвета (в Африке латериты служат железной рудой). На шлейфе склона почвы утолщаются делювиальным сносом и выносом охры. Неопытные «почвоведы» берут монолиты параллельно склону и открывают «новые» почвы — «зебристые» или «тигровые». На смытых местах обнажаются желтоземы.

Дальнейшие залы: IV (фиг. 2) посвящен анализу травопольной системы земледелия, VI (фиг. 3) — анализу системы обработки почвы, VIII — системе удобрения и VII — в заключение детальному экономическому анализу травопольной системы земледелия и выяснению производительности труда и затрат. При музее состоит библиотека (около 20 тысяч томов) и при ней читальный зал.

27/X—1939 г.

Акад. Л. И. ПРАСОЛОВ

ПОЧВОВЕДЕНИЕ ВИЛЬЯМСА

Вступительное слово при открытии заседания памяти акад. В. Р. Вильямса 29 ноября 1940 г.

Можно с полным правом сказать, что, при всей широте научного кругозора Вильямса, почвоведение было все-таки главным предметом, которому он отдавал свои силы непрерывно с юношеских лет (с 1885 г.) и до последних дней своей жизни. Как почвовед-агроном В. Р. Вильямс поставил своей целью и в более чем полувековой своей деятельности выполнил двойную задачу: он ввел в круг агрономических знаний почвоведение как основную научную дисциплину, исходя из докучаевского естественно-исторического понятия о почве; в то же время Вильямс придал этой дисциплине то агробиологическое направление, которое больше всего связывает науку о почвах с ее приложением в сельском хозяйстве. В предисловии к третьему изданию своего курса (1936) Вильямс говорит, что «общее земледелие, учение о зеленой кормовой базе, мелиорация, культура болот составляют главы почвоведения». А в предисловии к четвертому изданию (1938) роль почвоведения определена еще шире в следующих словах: «Всю систему изучения почвы, как природного тела и ее существенного признака—плодородия, продукта человеческого труда, мы подчинили решению этой практически важнейшей производственной задачи» ....«выяснению условий непрерывного и беспредельного повышения урожаев сельскохозяйственных культур». Действительно, после ряда изданий курса почвоведения и земледелия в отдельных выпусках (их вышло с 1897 по 1926 гг. три издания) Вильямс объединил их в один общий труд с двойным названием: «Почвоведение — земледелие с основами почвоведения», вышедший еще в четырех изданиях с 1927 по 1938 гг., каждый раз «вновь пересмотренное и дополненное».

Как этот основной труд Вильямса, так и ряд других крупных работ несут печать яркой творческой деятельности и большой оригинальности. Они поражают широтой охвата предмета в самых его основах и не только в смысле эрудиции автора, но и в его оригинальных исследованиях.

Вильямс не боялся трудных вопросов, не боялся выйти из круга своей специальности, не боялся он также отдать проработке темы многие годы упорного труда. Об этом говорит его первая крупная работа — диссертация о механическом анализе почв и многолетние личные исследования в лаборатории по органическому веществу почв.

В основном курсе особенно выделяется широкая и оригинальная трактовка биологических тем в учении о генезисе и эволюции основных почвообразовательных процессов, особенно в первой части, составляющей ядро этого учения — о развитии подзола, дернового и болотного процессов. Там же и в следующих, позднее созданных, главах, развивая идеи о единстве почвообразования во всех зонах, Вильямс дал также оригинальную и самостоятельную трактовку геологических тем, опираясь во многом на свои личные наблюдения в экспедициях и в детальном изучении поемных лугов.

Весьма выразительно при этом подчеркнуто и объяснено отличие большого геологического круговорота веществ от малых биологических циклов накопления, распада и минерализации продуктов питания и жизнедеятельности организмов. Эти страницы в новейших изданиях курса и в ряде других работ обоснованы и освещены с точки зрения диалектического материализма, как основы всякой истинной научной теории.

Стремясь к единой цели — понять и познать природу почв в целом для разработки основ рационального земледелия, Вильямс не мог, естественно, избежать заполнения пробелов в современных знаниях о многих сторонах статики и динамики почв разного рода гипотетическими построениями или сведениями, которые не было возможности проверить, а потому вызывающими споры и возражения. Такими можно считать, например, представления о последовательной смене стадий тундры, подзола, лугов и болот во всех зонах в послеледниковый период. Однако это обстоятельство, по нашему мнению, не опровергает высокой научной ценности и оригинальности основного труда Вильямса и не уменьшает того живого интереса, который он возбуждает у многочисленных его читателей.

Может быть, этот курс нельзя признать так называемым стандартным учебником почвоведения, но он является, бесспорно, одним из самых необходимых и самых содержательных общих руководств для всех, ищущих знаний по сельскому хозяйству. Нельзя забывать, что в основу этого курса положен также огромный конкретный материал, который постепенно накоплялся при кафедре почвоведения в старой Петровке и потом в нынешней Тимирязевке. При кафедре образовался исключительно богатый Музей почвенных образцов и гербарий, с 1903 г. были устроены лизиметры, существовали раньше семенная станция и питомник трав, затем были учреждены институты луговой и солонцовый, а позднее — почвенно-агрономическая станция.

Нельзя упускать из виду и того, что этот курс и вложенное в него идейное и фактическое содержание послужили последовательно научной опорой многих практических предприятий или экспертных заключений и, самое главное, послужили основой системы рационального земледелия с посевом трав. Весьма важно при этом, что В. Р. Вильямс, не избегая гипотез в своих теориях, в практических предложениях шел от конкретного, практически осуществимого и всегда советовал соблюдать осторожность в применении новых способов. Поэтому в своем курсе и в отдельных руководящих работах Вильямс стремился дать не мертвую догму традиционных знаний, не справочник, не материал для заучивания и не сборник рецептов, а материал для самостоятельного понимания и изучения природных процессов в почвах.

Мы знаем, что лекции и беседы Вильямса действительно послужили началом весьма многих высокополезных начинаний в области сельскохозяйственных наук и в практическом их применении. Литература на темы Вильямса уже сейчас очень велика и надо надеяться, что она не только не иссякнет, но еще разрастется и поднимется на самый высокий уровень науки. Этим будет воздвигнут самый лучший и вечный памятник великому деятелю науки, почвоведу Василию Робертовичу Вильямсу.

К. И. ГОЛЕНКИНА
МУЗЕЙ ПОЧВОВЕДЕНИЯ ИМ. АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

ИЗ ВОСПОМИНАНИЙ О В. Р. ВИЛЬЯМСЕ

Когда вспоминаешь жизнь Василия Робертовича, начиная с его первых шагов на научном поприще, поражаешься той широте знаний, которыми обладал этот человек. Трудно сейчас найти ученого, который мог бы проследить за его научным развитием, потому что трудно найти таких разносторонних людей.

В самом деле — он был почвоведом, произвел полную революцию в науке о почве, создал новое учение о едином почвообразовательном процессе. Это учение он создавал постепенно и беспрерывно развивал и совершенствовал его. Это развитие будет ясно всякому, кто познакомится впоследствии с первыми томами полного собрания его трудов, отражающих почвоведение. Он был специалист-почвовед, по широте взглядов не превзойденный пока никем в наше время.

А земледелие! Разве он не является и здесь новатором, революционером?

Он сам часто говорил, что травопольная система не создана им, что она уже 100 лет как применяется за границей и применялась кое-где у нас в крупных помещичьих экономиях. Но разве травопольная система, применяемая в условиях капиталистического сельского хозяйства, похожа на травопольную систему социалистического сельскохозяйственного производства, которую создал Василий Робертович? Систему, которая обнимает решительно все отрасли этого производства, — земледелие, растениеводство всех направлений, т. е. полеводство, овощеводство, плодоводство, луговодство, лесоводство, животноводство тоже всех направлений и даже мелиорацию? Эта система охватывает решительно все сельскохозяйственное производство страны в целом. Конечно, э т а травопольная система не то, что травопольные севообороты капиталистических стран, и она по праву может быть названа травопольной системой Вильямса.

Значит, он специалист и в земледелии! Недаром его назвали старшим агрономом СССР.

Но он не только широкий специалист, обобщающий все отрасли сельскохозяйственного производства; он специалист и более узкий.

Что представляло раньше луговодство? Он сам, в первых своих лекциях в Политехническом музее, передавал те знания, которые приобрел у немецких профессоров, но постепенно его мировоззрение луговода менялось под влиянием собственных наблюдений над жизнью материковых лугов и пойм многочисленных рек и речек, изученных им во время экспедиции Тилло и многих последующих. Постепенно он создавал новую науку, которую отобразил в классическом труде «Естественно-научные основы луговодства или луговедение». (Приложение основ почвоведения к культуре многолетних травянистых растений и естественной кормовой площади. Изд. НКЗ «Новая Деревня», Москва, 1922.)

И здесь — он глубокий специалист, и современные луговоды уже являются его учениками.

Была ли в России селекция до Василия Робертовича? Нет, это он подал мысль о ней и возбудил к ней интерес в своем ученике и помощнике, ассистенте Д. Л. Рудзинском. Они начали с малого. Вся селекционная станция помещалась в двух комнатах и располагала небольшим участком на опытном поле ТСХА. В комнатах наверху был и склад, и лаборатория, и кабинет заведующего—все вместе. Не было еще помощников—ни научных, ни технических. Но вскоре Дионисий Леопольдович Рудзинский с помощью Василия Робертовича добивается постройки отдельного здания, получает большой участок земли, и работа развертывается. Появилась первая в России селекционная станция (1902 г.). Появились и люди, и создалась в России селекция, разросшаяся теперь до громадных размеров. Конечно, Вильямс не был селекционером в современном понимании этого слова, но тем труднее было ему с Рудзинским начинать это дело.

Всем известно, что Василий Робертович создал одну из первых семенных контрольных станций. Были еще станции в Петербурге и Риге, но первая вела чисто научную работу, а связь второй с производством была лишь местная. У Василия Робертовича вся деятельность контрольной станции была широко связана с производством. И так как травосеяние начало уже внедряться в сельское хозяйство, то больше всего работы на станции было с клеверами и тимофеевкой, люцерной и житняком. Но и с другими культурами было тоже немало работы. Особенно памятен год, когда в Московской и соседних губерниях погибла вся рожь, так что даже посеять было нечем. Пришлось семенному складу при Московской земской управе покупать рожь в других губерниях; но склад не покупал ни одного фунта семян без аппробации на контрольной станции Василия Робертовича. И сколько же тогда прошло анализов за короткий срок! А вся станция состояла только из двух лиц — Василия Робертовича и помощника его по контролю семян. Только при его необычайной трудоспособности можно было произвести такую колоссальную работу. Впоследствии станция расширилась, превратилась в большое учреждение, и по ее примеру начали организовывать контрольные семенные станции в других местах. Теперь НКЗ располагает громадной сетью областных, районных и проч. контрольных станций, а родоначальница их перешла на кафедру растениеводства ТСХА, где и существует до сих пор.

Последствием этой работы Василия Робертовича с семенами явилась организация на участке возле лаборатории большого питомника трав, злаков и бобовых, на котором он подробнейшим образом изучил биологию этих растений. Питомник этот давно уничтожен, но след его сохранился в виде громадного демонстрационного биологического гербария, любовно смонтированного самим Василием Робертовичем для своего музея.

Итак, он был специалист-семеновод, к которому все время обращались за помощью и советом и которого считали арбитром в этом деле.

Еще будучи в первый раз за границей в научной командировке, он заинтересовался устройством канализации больших городов, дренажа, осушения и орошения. Он перечитал массу книг на французском и английском языках, и по ним ознакомился с орошением в Египте и США.

После возвращения в Россию Василий Робертович, по приглашению Московской городской управы, принимается за устройство полей орошения Москвы и потом остается заведующим сельскохозяйственным отделом их. Но, хотя официально он и заведывал только этим отделом, на самом же деле принимал самое горячее участие и в техническом отделе. С целью ознакомления с полями орошения Западной Европы, Василий Робертович совершил специальную поездку в Германию и Францию, а затем вторично объездил много городов Германии, Франции и Англии, чтобы ознакомиться с постановкой биологической очистки отбросов городов.

В. Р. Вильямс в 1893 г. в Чикаго (США).

С работами по орошению ему пришлось иметь немало дела, и недаром акад. А. Н. Костяков является его прямым учеником и получил свое научное крещение на кафедре Василия Робертовича. Вероятно, он не забыл еще о «пучинах» в б. Тамбовской губ, которые были предметом их многочисленных разговоров.

Много дела имел Василий Робертович и с осушением болот, и результатом всех этих работ явилась организация культуртехнического отделения на инженерном факультете ТСХА, душой которого он был, пока оно не потеряло своего облика, превратившись в недоношенное инженерное отделение. Следствием этого превращения было его закрытие. Но первые питомцы этого отделения продолжают работать по орошению и осушению в том направлении, которое было дано им Василием Робертовичем, и ревностно проводят его идеи. Таким образом, в совершенно новой дисциплине — мелиорации он тоже специалист, и недюжинный. Недаром уже в последние годы к нему обращались работники хлопковых институтов Средней Азии, как к высшему арбитру в деле орошаемого хозяйства.

В начале его преподавательской деятельности ему пришлось читать земледелие с почвоведением, удобрение и сельскохозяйственные машины. Так пришлось стать специалистом по машинам. И хотя после открытия МСХИ кафедра машиноведения вскоре выделилась в самостоятельную, во главе с проф. В. П. Горячкиным, Василий Робертович продолжал все же следить за развитием машиноведения и при чтении лекций об обработке очень подробно останавливался на машинах, различных типах плугов и других сельскохозяйственных орудиях. До последних дней он интересовался машиностроением и в 1938 г. напечатал в газете «Известия» статью под названием: «Счет машиностроению», которая дала толчок к созыву конференции из заинтересованных в этом деле учреждений.

Характеристика эта будет неполной, если не добавить сюда работу Василия Робертовича, хотя и не отраженную и не развитую в отдельных трудах, в области геологии, ботаники и микробиологии.

Впрочем, взгляды его в области этих дисциплин получили все-таки свое отражение в печатных трудах (например, его взгляд на распространение в России великого оледенения и последующее отступание ледника).

Что касается ботаники, то, не отрицая необходимости знания ее, как таковой, для всякого образованного человека, а для почвоведа в особенности (сам он знал ее в совершенстве), он придавал громадное значение биологическим особенностям растений и дал новые группировки их по способу питания и развития, о чем также много писал и говорил.

Нечего говорить о том, что он много работал и читал в области микробиологии, ибо все его учение о едином почвообразовательном процессе тесно связано с жизнедеятельностью микроорганизмов в почве.

Основная научная работа всей его долгой жизни была посвящена изучению органического вещества почвы, являющегося результатом связи почвы с организмами. Недаром, поехав в первый раз в заграничную командировку, он весь первый год провел в Париже, где много времени посвятил занятиям в лаборатории Пастера.

Кто же может проследить за развитием ума столь многогранного человека, каким был Василий Робертович? Он сам всегда жаловался на слишком узкую специализацию наших ученых-агрономов и высоко ценил людей с широким кругозором. Ему казалось, что такими широкими агрономами могут стать агрономы-экономисты, и он начинает хлопотать об открытии экономического факультета в ТСХА.

И в этой области он не профан, хотя и расходился с большинством экономистов во взглядах на методы работы. Это еще новая специальность.

В. Р. Вильямс в 1898 г. в Моховом.

В. Р. Вильямс в 1903 г.

В. Р. Вильямс в 1908 г.

В. Р. Вильямс в 1921 г. в совхозе в Кимрах с группой мелиораторов.

Что же он считал своей основной работой? Самой главной, самой значимой работой он сам считал профессуру, чтение лекций, воспитание кадров и этому отдавал все свои знания. Он сам всегда говорил: «Это моя основная работа, моя главная обязанность. Все остальное попутно, для нее, ради нее».

И, действительно, количество учеников, которых выпустил Василий Робертович, огромно. Когда в Академии образовалось несколько факультетов, он читал на всех отдельно, причем для каждого факультета у него было свое специфическое направление курса. А когда ТСХА разбилась на отдельные вузы, он, продолжая читать и заведывать кафедрами земледелия и почвоведения в одних из них, следил за другими через своих учеников. Шутя он говорил: «Только на Рыбном факультете я не читаю, да ведь у них и почвы нет, они на воде работают». Действительно, это—единственный вуз в Тимирязевском городке, где не было почвоведения.

Помню, как я на Высших женских курсах слушала лекции по химии А. Н. Реформатского. Он замечательно читал и прекрасно демонстрировал на своих лекциях. Но когда я взяла его учебник, меня поразили те же слова, те же выражения. Многие слушательницы, восхищавшиеся его лекциями, приходили на второй год послушать его еще раз — и разочаровывались. Второй раз было уже скучно слушать.

Не таков был Василий Робертович. Его слушали по нескольку раз. Каждый год он читал по-иному. Он шел сам вперед, совершенствовался и все старался передать слушателям. Он творил свои лекции.

В подтверждение только что сказанного приведу его собственные слова из одного из писем ко мне: «Я излагаю науку, в которой я сам работаю, которую я отчасти сам создаю, я излагаю свое мировоззрение, и каждый год я иду вперед, и каждый год и лекции мои носят новую окраску; я вношу новые обобщения, новые взгляды».

В. Р. Вильямс в 1926 г. в экспедиции на Мугани.

В другом письме, после удачной лекции, на которой я была, он писал: «Ведь общая-то картина, если я сумел ее передать хоть в общих чертах, ведь она захватывающая, ведь это стройное, громадное здание, где то, что сделано раньше тебя, переплетается с твоей работой, и все это растет, ширится, все обобщается, и всякая твоя мысль, воплощенная в результате работы, все это стремится к еще большему разъяснению темного еще. А сколько еще темного — жизни не хватит».

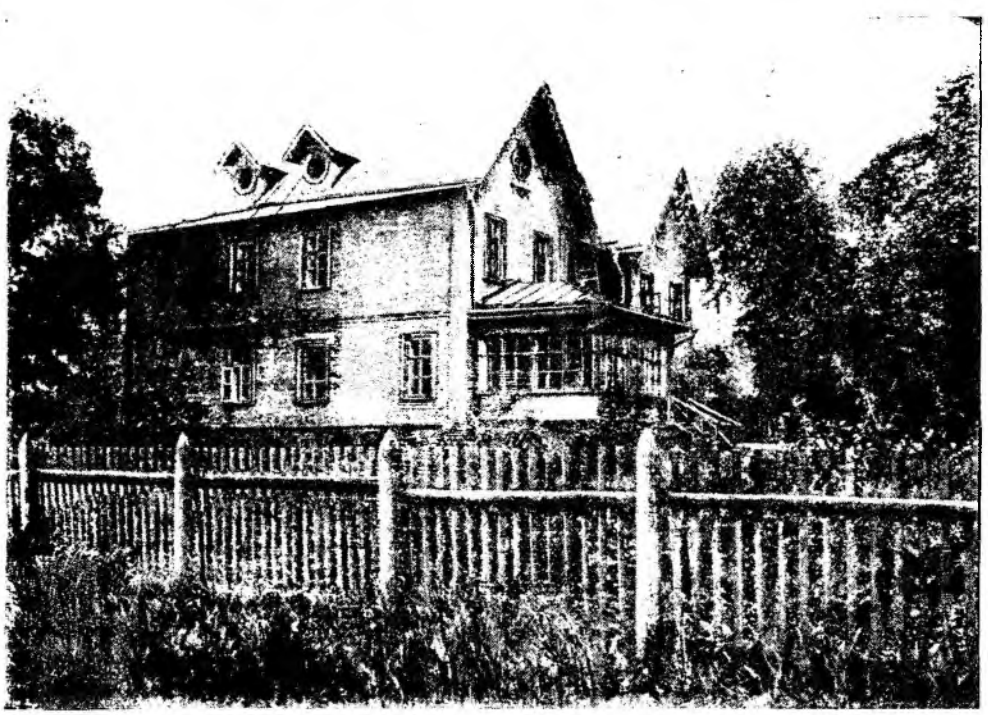
В. И. Шмырев, работавший с ним последние годы, часто вспоминает, как Василий Робертович, придя с лекции, что-то записывает. «А это мне во время лекции новые мысли пришли, надо записать, пока не забыл».

Наследием этого постоянного движения вперед остались его многочисленные программы — для студентов, агрономов, директоров совхозов, сотрудников Госплана, НКЗ и т. д.

У Василия Робертовича была колоссальная память, книг он прочитывал массу, но в своих работах никогда не приводил литературу. Это многих вводило в заблуждение, многие считали, что он не пользуется литературой.

В начале своей деятельности, когда он еще учился за границей и должен был в короткое время ознакомиться с массой литературы (зная, конечно, что он не достанет ее в России), он сделал гору выписок, которые тщательно подобрал по отдельным вопросам. Хотелось бы опубликовать эти выписки, поскольку они могли бы оказать помощь многим, работающим сейчас по тем же вопросам. Тем более, что книг, из которых они сделаны, уже нигде, вероятно, не достанешь.

В. Р. Вильямс в 1938 г. в своем рабочем кабинете.



До в котором жил и работал В. Р. Вильямс с 1893 г. и до конца жизни.

Надо добавить, что, обладая громадной памятью, он хорошо знал классическую литературу и классическую музыку. Часто он «сажал в калошу» присутствующих, употребив кстати какую-либо фразу, и спрашивал потом: «А где это написано?» или: «А кто это сказал?» И когда никто не мог вспомнить, он говорил сам: «Эх, вы! Это Пушкин, или это Гоголь» и т. п.

Василий Робертович любил красивую музыку, красивое пение, красивые картины, цветы, любил красоту во всем. А так как не может быть красоты в неряшестве, то и сам он работал в высшей степени изящно и аккуратно и такой же точности и аккуратности требовал и от окружающих. Бывало, встанет около работающего студента и смотрит, как он работает, а потом возьмет из его рук промывалку и стакан и начнет показывать, как надо работать по-настоящему, чтобы было чисто и аккуратно. Правда, Василий Робертович очень тщательно обставлял свои лаборатории как для преподавателей, так и для студентов. Он многое изобрел и осуществил сам, чтобы создать наилучшие условия для работы. Взять хотя бы его промывалки с пружинным зажимом, которые не требуют дутья и освобождают руки. Удивительно только, что все ими пользовались, все их превозносили, но мало кто перенес их в свои лаборатории. Если кто-либо из работающих предлагал свое изобретение, нужное ему для работы, Василий Робертович никогда не отказывал, тотчас же реализовал его, и вообще, если видел, что человек серьезно работает, то всячески помогал ему и словом, и делом. Никто из работавших у него не может пожаловаться, что он отказывался когда-нибудь помочь советом или деньгами на оборудование. В этом он никому никогда не отказывал. Поэтому к нему приходило много молодых научных работников и из других учреждений.

В своих собственных аналитических работах он никогда не пользовался услугами аналитиков, все делал сам и всегда говорил: «Ведь работая сам, я слежу за всеми изменениями, которые происходят у меня, а во время механической работы обдумываю дальнейший ход работы».

Надеясь на свою колоссальную память, Василий Робертович никогда не записывал методики своей работы, и теперь очень трудно расшифровать его неоконченный труд. Трудно, но не невозможно; за это благодарное дело взялся его сын, Василий Васильевич Вильямс, и уже достиг некоторого успеха.

Мне хотелось очертить эту колоссальную фигуру своего века, но боюсь, что мои слова оказались слишком слабы для этой характеристики.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

СБОРНИК ПАМЯТИ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

М. И. БУРСКИЙ

ИНСТИТУТ ИСТОРИИ МАТЕРИАЛЬНОЙ КУЛЬТУРЫ АН СССР

ВИЛЬЯМС КАК ИСТОРИК АГРИКУЛЬТУРЫ

Историзм мышления — наиболее яркое отличительное свойство Вильямса-ученого. Свойство это, стихийное вначале, сознательное, обогащенное ученнем основоположников марксизма-ленинизма впоследствии, в значительной степени определило собой широкий круг интересов Вильямса, неустанно влекло его к созданию цельной, стройной исторической концепции в той области знания, где он работал, ставило перед ним все новые и новые вопросы, питало смелость его научной мысли, опровергавшей устаревшие традиции и стремившейся к установлению новых, более плодотворных норм. Именно такое изучение, исследование явления в его движении и развитии, пристальное внимание к генезису явления и лежало в основе творческой деятельности Вильямса, явилось отличительной чертой его работ. И черта эта может быть прослежена везде, во всех его работах, во всех областях, как красная нить, руководствуясь которой Вильямс обеспечивал единство и цельность своих исследований при всем многообразии их областей и интересов. Он не удовлетворялся и не мог удовлетвориться статикой: он изучал динамику; он не ограничивался констатацией явления: он стремился понять процесс, его интересовала не только география, но и история. Поэтому отражение этого качественного отличия творческого метода Вильямса — историзма его мышления — мы встретим во всех его работах.

Изучая, например, почву как процесс, он должен был себе ответить на вопрос о генезисе и характере этого процесса, должен был исследовать причины, его обусловившие. А это, в свою очередь, заставило Вильямса вплотную заняться геологической историей земли, историей оледенений, что привело его, в частности, как известно, к представлениям о значении прецессионного и нутационного вращений земли. С этим была связана и разработка Вильямсом представления об абсолютном и относительном возрасте почв, о характере почвенного покрова, об этапах единого почвообразовательного процесса.

Но в мою задачу сейчас не входит характеристика Вильямса, как исторически, диалектически мыслящего естествоиспытателя. Моей темой является Вильямс, как историк агрикультуры, а история почвообразования и история агрикультуры это все же предметы разные. Ибо, если основной темой почвоведения являются почва и природа, то основная тема истории агрикультуры — почва и человек: влияние почвы на жизнь человека, влияние человека на жизнь почвы.

Есть ученые, разрабатывающие проблемы естествознания и его истории вне непосредственной связи с историей человечества. Это закономерно, круг таких специальных проблем достаточно широк и исчисляется рядом многочисленных биологических, геологических, палеонтологических дисциплин.

Есть ученые, исследующие историю человечества вне ближайшей связи с проблемами естествознания и его истории. И такая специализация вполне закономерна и выражается в ряде специально исторических, гуманитарных дисциплин. История агрикультуры находится на стыке этих двух кругов знания, история агрикультуры — мостик между этими двумя берегами, та смежная обеим областям дисциплина, которая, будучи в основном исторической, изучает влияние человека на природу и обратное влияние природы (мы говорим о сфере сельского хозяйства) на человека.

История науки знает немало случаев, и случаи эти все учащаются, когда с все углубляющейся дифференциацией наук происходит разрыв между различными областями знания и возникает настоятельная необходимость в их связи, в восстановлении единства на новой высшей основе. Тогда закономерно появляются новые отрасли знания, новые научные дисциплины, восполняющие образовавшийся в науке пробел. Такой дисциплиной и является история агрикультуры. Именно Вильямсу принадлежит заслуга всемерного развития этого направления у нас в СССР. И это не случайно. Ибо, направив свое внимание на исследование процесса образования почв, изучая генезис этого процесса и все факторы, его определявшие, Вильямс не мог пройти мимо такого важнейшего фактора, каким является сам человек и его деятельность. И Вильямс уже в ранний период своей научной работы отдает массу времени и внимания изучению этой «земледеятельности» человека, истории этой деятельности, истории земледелия, истории агрикультуры. Лучшие книгохранилища Европы, библиотеки лондонского музея, парижской Сорбонны, Берлина и Мюнхена видели в своих стенах молодого русского агронома, изучавшего редчайшие источники истории агрикультуры.

Не будь Вильямс агрономом—он стал бы историком. К счастью, этого не случилось. К счастью для агрономической науки, так как тот этап науки о земледелии, на котором мы сейчас находимся, властно требовал оплодотворения агрономии историей. И Вильямс, прекрасно отдавая себе отчет в задачах, стоящих перед почвоведами и наукой о земледелии, сосредоточил свое внимание на приложении и развитии исторического метода в почвоведении и земледелии, оставив на долю других ученых специальную разработку проблем истории агрикультуры. Вильямс показал другим исследователям необходимость «агрономизации» истории. Сам он взял на свою долю «историзацию», если можно так выразиться, агрономии.

Из двух органически переплетенных и взаимно связанных тем истории агрикультуры — влияние человека на почву и влияние почвы на человека — Вильямс преимущественно сосредоточил свое внимание на первой теме — человек, как фактор истории земледелия и истории почвообразования. Этому направлению интересов и исследований Вильямса и обязана своим рождением идея, ставшая центральной идеей вильямсовской агрономии. Мы имеем в виду вильямсовское понятие плодородия почвы. Плодородие почвы есть результат не только стихийной деятельности природы, но и сознательной деятельности человека. Почва — не только предмет труда, она и продукт труда, результат воздействия человека на почвообразовательный процесс, который человек, человеческая деятельность может направлять, регулировать, видоизменять. Как же можно изучать плодородие и его историю, не изучая важнейших факторов, его определивших: сельскохозяйственную деятельность человека и ее историю, иначе говоря — историю агрикультуры.

И Вильямс, сам глубоко изучавший эту историю, ратует за всемерное расширение этого изучения, за превращение истории агрикультуры в равноправную научную дисциплину. Он пишет президенту Академии Наук В. Л. Комарову о работах по истории агрикультуры: «Теоретическое и практическое значение этих работ, равно как и необходимость ведения их систематически и планомерно, а не от случая к случаю, вряд ли нуждается в доказа-

тельствах, так же как и необходимость разработки советскими учеными всемирной истории агрикультуры. Речь идет о разработке истории агрикультуры древнего Востока, об истории античного земледелия, об агрикультуре средневековья, истории сельского хозяйства эпохи капитализма, об истории земледелия отдельных стран Европы, Америки, Азии, об истории агрикультуры народов СССР и т. д. Задачи эти, во всяком случае, не менее важны и актуальны, чем разработка истории балета или истории живописи, истории музыки или истории костюма».

Крайне характерно для В. Р. Вильямса, этого ученого-революционера, письмо, с которым он обратился в Президиум Академии сельскохозяйственных наук имени Ленина:

«О важнейшем значении диалектической разработки истории науки и техники неоднократно напоминали Маркс и Ленин, на это же указывал и ЦК ВКП(б), вынося решение о введении преподавания истории науки и техники в высшей школе. К сожалению, работа эта отсутствует именно там, где она, пожалуй, более всего необходима и где могла дать наибольший производственный эффект — в области сельскохозяйственной науки и техники, в системе Академии сельхознаук».

Вильямса, образованнейшего агронома нашей эпохи, возмущает поразительная неосведомленность, точнее сказать безграмотность нашего студенчества, и не только студенчества, в истории своей специальности. Но возмущение это питалось не только желанием просто расширить познания специалистов, раздвинуть, так сказать, их горизонт. Вильямс исходил из убеждения, вынесенного из своей собственной практики, что история агрикультуры играет важнейшую роль в углублении исследования специальных научных проблем ряда областей почвоведения и агрономии. В разработке некоторых из таких вопросов истории агрикультуры Василий Робертович принимал лично непосредственное и весьма активное участие.

Историки агрикультуры часто собирались у Вильямса. С ним консультировались по истории агрикультуры древнего Востока, советовались по проблемам античного земледелия, вместе с ним комментировали средневековые агрономические тексты, ему докладывали переводы из арабских агрономов, под его председательством обсуждали работы по истории германского и английского земледелия.

Но этим не ограничивалась роль Вильямса как руководителя советской школы истории агрикультуры.

Василий Робертович принимал непосредственное участие и в таких историко-агрикультурных работах, от результатов которых зависит в известной мере и освещение ряда чисто почвоведческих проблем. Остановимся на одной из них.

Для истории агрикультуры, как части общей истории материальной культуры, важнейшее значение имеет история плодородия почв. Установить плодородие почв на различных этапах истории человечества, — значит определить не только условия, в которых развивалась земледельческая деятельность человека, но и те результаты этой деятельности, ту обстановку труда, которая весьма серьезно влияла на характер общественной организации человека, темпы и направление ее эволюции. Археологи не могли не интересоваться этими вопросами и, не получая ответа от почвоведения, пытались иногда самостоятельно их ставить и разрешать, правда, не в плоскости определения условий плодородия, а несколько скромнее по отношению к характеру почвообразовательного процесса. Одно из самых древних на территории СССР земледельческих обществ — так называемая трипольская культура (Днепро-Дунайский район, 4000 — 5000 лет тому назад) на определенном этапе как будто теряет свой земледельческий характер и переходит к скотоводству. Стремясь выяснить причины этого перехода, некоторые археологи пришли к выводу, что в основе изменений трипольского общества,

связанных с эволюцией от матриархата к отцовскому роду, лежат изменения почвенного покрова. При этом одни археологи утверждали, что характер почв изменялся в том направлении, что «мягкие» почвы стали «жесткими», и то, что раньше легко обрабатывалось мотыгой, сейчас такой обработке уже не поддается — отсюда и вынужденный переход к животноводству; другие утверждали, что дело не в этом, а совсем в другом: «истощились плодородные участки прибрежного леса», на которых велось земледелие, урожаи снизились, и именно поэтому и пришлось переходить к скотоводству, — отсюда, как следствие, и изменения в области экономики и общественных отношений.

Критика этих соображений не является особо благодарным занятием. Достаточно указать, что «прибрежные плодородные участки лесов», на которых велось трипольское земледелие, находились в самом Триполье на плато, на высоте 60 м над уровнем реки, и ни сейчас, ни в Трипольское время, никогда Днепром не заливались.

Дело, однако, не в том, чтобы с высот почвоведческой науки критиковать соображения неспециалистов, а в том, что почвоведческая наука не дала ответа на вопрос ни о сроках образования чернозема, ни о темпах этого процесса, не дала пока нам такой характеристики отдельных этапов почвообразовательного процесса, которая необходима сейчас истории материальной культуры, т. е. такой, которая вскрыла бы производственные условия существования человеческого общества на различных этапах его исторического развития.

Естественно, что история агрикультуры, работающая на стыке наук биологических и исторических, над тем звеном научной цепи, где земледелие и почвоведение тесно соприкасаются с археологией и историей, поставила вопрос об использовании данных почвоведения в интересах исторических исследований, и, наоборот, данных истории в целях углубления наших представлений о почвообразовательном процессе. Не случайно поэтому имя В. Р. Вильямса теснейшим образом связано и с такими проблемами истории агрикультуры, где агропочвенная характеристика археологических памятников должна органически сочетаться с археологической характеристикой ископаемых почв.

Вопрос о подобном сочетании данных археологии и почвоведения давно назрел, и его разработка необходима для обогащения наших представлений об исторической изменчивости почв, для более близкого изучения процесса превращения их из одних форм в другие. И поскольку, по существу, вопрос идет об углублении и расширении исторического метода познания почв, естественно ближайшее участие В. Р. Вильямса в разработке этих проблем.

Археология же может представить для освещения этих вопросов немалый материал, и материал этот требует пристального и компетентного изучения. Таков, например, материал по стратиграфии археологических памятников. Залегая в толще почвы один над другим, остатки материальной культуры человечества, относительно точно датируемые археологическими методами, являются не только хронологическими вехами истории человечества, но и хронологическими вехами истории почвообразовательного процесса, потому что археологические памятники отдалены друг от друга не только веками и тысячелетиями, но и почвенными слоями различной мощности и различного характера. Однако тем самым массовый археологический материал представляет известную возможность измерить темп образования тех почвенных прослоек, которые находятся между различными по времени археологическими культурами и образовались за период, отделяющий одну культуру от другой. А так как эти различные по глубине своего залегания и срокам образования почвенные прослойки отличаются друг от друга и различными свойствами, то почвенная их характеристика и соответствующий анализ представляют немалый интерес для изучения характера почвообра-

зовательного процесса во времени, для истории почвообразования, истории, датируемой археологией.

Археологические ориентиры для изучения темпа почвообразования находятся не только в глубине почвы, но и, так сказать, прямо на ее поверхности. Мы имеем в виду возможность определить сроки образования чернозема при помощи курганов. Рядом археологических наблюдений установлена разница между толщей чернозема под курганными насыпями и в рядом лежащих открытых участках степи. Разница эта колеблется в зависимости от сроков образования кургана, но и то и другое может быть относительно точно установлено, давая основу для измерения темпа процесса образования чернозема. К этому нужно добавить, что в ряде случаев археологические материалы, располагаясь на границе лёсса и чернозема, дают возможность определить во времени и начало процесса образования чернозема.

Имеется и ряд других аналогичных наблюдений, которые могут и должны быть использованы в интересах почвоведения.

Исследованию всех этих возможностей В. Р. Вильямс придавал весьма серьезное значение. При его непосредственном участии была разработана программа нашей первой агроархеологической экспедиции в районы Триполья, и привезенные нами оттуда почвенные образцы, датированные археологическими материалами, служили предметом пристального внимания Василия Робертовича за несколько лишь дней до его кончины.

Придавая исключительное значение таким возможностям изучения истории почвообразовательного процесса, В. Р. Вильямс предложил нам составить программу особого исторического отдела в музее его имени, полностью поддерживая наши предложения о необходимости дополнить экспозицию почвенногеографических зон материалами по их истории. Василий Робертович предполагал отвести нам в новом здании музея соответствующее помещение, куда поступала бы своеобразная «дань», которую почвоведы должны взимать с каждой археологической экспедиции — образцы почв, датированные археологическими материалами. Если коротко сформулировать весь объем новых и сложных вопросов, обсуждавшихся нами с Василием Робертовичем, им поднятых или намеченных, то можно сказать, что речь шла об установлении и развитии нового отдела в почвоведении—агроархеологического почвоведения.

В этом, впрочем, нет ничего неожиданного, если учесть, что благодаря далеко зашедшей дифференциации наук смежные проблемы, важные для обеих наук и требующие сочетания методов обеих наук, не изучаются в результате ни одной из них. История наук дает многочисленные тому примеры. Археология и почвоведение не являются исключением. Вильямс-историк агрикультуры прекрасно отдавал себе в этом отчет.

Но, как историк агрикультуры, Василий Робертович был необычайно разносторонним, и проблемы агроархеологии, о которых мы выше говорили, были лишь одной из сторон его историко-агрикультурных интересов.

Значительно более важным было то влияние, которое история агрикультуры оказала на формирование научного и политического облика этого крупнейшего ученого Страны Советов. Он изучает тысячелетнюю историю земледелия и перед ним открываются причины и условия, определявшие характер этого развития. Он изучает историю капиталистического земледелия, отмечает его успехи, видит рождение и развитие прогрессивных научных идей, но, вместе с тем, видит и невозможность их реализации в условиях капиталистического хозяйства. Изучение Маркса, Энгельса, Ленина и Сталина вносят полную ясность в представления Вильямса о причинах, по которым рациональное земледелие и капитализм несовместимы. Гнев и возмущение передового агронома своей эпохи, агронома, чьи прогрессивные идеи и стремления разбивались о железные рамки классового антагонистического общества, эти гнев и возмущение специалиста перерастают в ненависть граж-

данина к обществу, хищнически расточающему производительные силы, укрепляют волю передового человека своей эпохи к решительному изменению старого строя, к всемерному содействию строительству нового общества, в котором человек сможет полностью подчинить себе силы природы. Вильямс-демократ становится Вильямсом-большевиком, Вильямс-профессор — Вильямсом-советским ученым, — это значит деятелем, органически сочетающим науку с жизнью, теорию с ее реализацией. Тема «человек и почва» находит себе блестящую иллюстрацию в деятельности самого Вильямса, который сам становится фактором истории советской агрикультуры.

Поэтому и мы, историки агрикультуры, чтим вместе с агробиологами и почвоведами память этого крупнейшего ученого-большевика, вместе с ними изучаем его наследство, разрабатываем каждый в своей области его идеи, вместе с ними будем стараться в своей работе следовать его примеру.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

СБОРНИК ПАМЯТИ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

Засл. деят. науки, чл.-корр. АН СССР

проф. ***В. П. БУШИНСКИЙ***

КОРЕННАЯ ПЕРЕДЕЛКА ПОЧВ — ОСНОВА СОЗДАНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ИХ ПЛОДОРОДИЯ

(ОБЩЕЕ СООБЩЕНИЕ)[1]

Для получения высоких и устойчивых урожаев вся система агротехнических мероприятий должна быть направлена на обеспечение растений в оптимальных размерах всеми факторами их жизни.

«Растение составляет, — как указывал К. А. Тимирязев, — центральный предмет деятельности земледелия», «культурное растение и предъявляемое им требование — вот коренная научная задача земледелия».

Создание благоприятных условий для роста и развития растений, взаимодействие и взаимосвязь самого растения с внешней средой, а также поиски новых путей повышения урожайности,—все это должно быть тесно связано с правильным уходом за растением, обеспечивая его во время вегетации максимальным количеством воды и пищи.

Комплексное представление о почве, как о природном теле, о почве, как основном средстве с.-х. производства для выращивания культурных растений, о почве, как продукте труда, указывает на наличие в почвах, распределенных по различным зонам или почвенным областям, в разной степени выраженного особого и существенного природного их свойства — плодородия. Плодородие почвы — «существенное ее свойство» (Вильямс), — характеризуется наличием воды и пищи. Таким образом, между растением и почвой существует тесная связь, взаимозависимость и взаимодействие.

Главным требованием социалистической агротехники является комплексное выполнение целой системы агротехнических мероприятий, приводящей ко все возрастающей урожайности колхозных и совхозных полей. По этому вопросу В. Р. Вильямс писал следующее: «Урожаи могут расти беспредельно, если мы будет одновременно воздействовать на всю «алгебраическую» сумму комплекса внешних условий, в которых растет и развивается сельскохозяйственное растение». Это научно обоснованное положение современного земледелия блестяще подтверждено стахановской практикой.

Социалистическое земледелие в современных условиях может полностью использовать в системе агромероприятий все возможности механизации сельскохозяйственных работ и химизации сельского хозяйства, как основных рычагов и технической базы земледелия.

За весь исторический период развития земледелия человек вращался вокруг поверхностного пахотного горизонта, направляя свои силы, знания

[1] Специальные сообщения по этому вопросу нами сделаны: 28 января 1941 г. на совещании при Всесоюзной академии с.-х. наук им. В. И. Ленина по вопросам углубления пахотного горизонта, 12 февраля 1941 г. на пленуме секций Всесоюзного инженерно-технического общества с. х., 24 февраля 1941 г. на сессии биологического отделения Академии Наук СССР, посвященной вопросам почвоведения.

и технику прежде всего на возможно полное освоение плодородия этого пахотного слоя всеми доступными ему средствами.

Но плодородие почв вообще, в том числе и пахотного горизонта, в различных зонах выражено в разной степени их эффективности. Нам же требуется правильной системой обработки почв и комплексным применением системы органических и минеральных удобрений создавать такие условия плодородия почвы, при которых культурные растения как за период их роста и развития, так и за период ротации севооборота, были бы обеспечены полностью и одновременно необходимым количеством воды и питательных веществ.

Вся система агротехнических мероприятий должна быть направлена на обеспечение беспрерывного роста в почве таких факторов жизни растений как вода, пища и воздух, на одновременность совместного их действия, прочность и устойчивость развития этих факторов в самой почве. Но между водой и пищей в большинстве почв, как известно, существуют противоречия (антагонизм). Задача науки и техники заключается в снятии в почве подобных противоречий путем создания условий эффективного плодородия, что в первую очередь достигается, при наличии всех остальных условий, особым агротехническим приемом — посевом смеси многолетних трав (злаковых и бобовых), образованием в почве прочной и устойчивой комковатой структуры, созданием в почве скороспелого культурного пласта.

Современный этап социалистического земледелия настоятельно требует создания культурных почв, создания всех необходимых условий для непрерывного повышения эффективного их плодородия.

Воздействие сложного агротехнического комплекса мероприятий на почву, в особенности на ее пахотный горизонт, в большинстве случаев не оставляет и следа от природного плодородия почвы. Резко изменяются протекающие в почвах процессы и образуются новые, «культурные почвы» в разной степени их выражения. Таким образом, сельскохозяйственное производство активно участвует в создании новых почв и в том числе в изменении природы пахотных горизонтов.

Для большинства почв новые земледельческие методы, применяемые на практике с учетом конкретных почвенно-климатических особенностей, дают значительный материал для серьезного улучшения и частичной переделки почв в целях создания наилучших условий роста и развития сельскохозяйственных растений и получения высоких урожаев.

Социалистическое земледелие, в третьей пятилетке располагая мощной механизацией, широко развитой химизацией и массовым внедрением научнообоснованной системы агротехнических мероприятий, в состоянии подойти вплотную к мероприятиям по более решительной коренной переделке почв, обеспечивая этим самым условия создания высокого и прочного эффективного плодородия. Коренная переделка почв, благодаря тесной связи и взаимодействию между почвой и растением, способствует, с своей стороны, коренной переделке природы растений и непрерывному повышению урожайности, что так успешно доказывает в своих работах акад. Лысенко, развивая учение Дарвина, Тимирязева, Мичурина.

Наше плановое социалистическое земледелие полностью обеспечивает прогрессивное развитие эффективного плодородия почв. За последние годы мы имеем достаточное количество фактов. Это хорошо иллюстрируется трехлетним показом на Всесоюзной сельскохозяйственной выставке, где даются блестящие примеры действительной переделки природы растений и почв.

Новатором агрономической науки и земледелия, крупнейшим ученым, акад. В. Р. Вильямсом была предложена научно обоснованная, производственно подтвержденная и широко на полях колхозов и совхозов осуществленная система агротехнических мероприятий, названная им «травопольной системой земледелия». В основе этой системы лежит всестороннее

воздействие на почву, на изменение протекающих в ней процессов, на образование скороспелой залежи, культурной дернины и пласта. Эта своеобразная, биологическим и биохимическим способом проводимая, переделка почв создает условия эффективного их плодородия.

Одним из обязательных требований этой передовой системы земледелия является обеспечение растения одновременным наличием в почве воды и пищи. В правильных севооборотах на общем фоне всего комплекса агротехнических мероприятий это достигается посевом смеси многолетних трав — злаков и бобовых, что приводит к созданию скороспелого культурного пласта.

Акад. В. Р. Вильямсом, в качестве составной части травопольной системы земледелия, была разработана система обработки почвы, обязательным требованием которой является применение плуга с предплужником и осуществление культурной вспашки на глубину не менее 20 см, а также применение системы зяблевой вспашки, состоящей из двух обязательных приемов — лущения жнивья и осенней культурной вспашки плугом с предплужником.

В настоящее время вспашка почвы на 20 см считается нормальной глубиной. Поэтому для земледелия по многим почвенным областям применение системы правильной обработки почв плугом с предплужником на указанную глубину на данном этапе является прогрессом. Но в перспективе на этом нельзя успокаиваться. В настоящее время делаются попытки разными способами создавать более глубокий культурный пахотный горизонт. Для большинства почв это становится очередной насущной задачей.

В основном исследовательские работы идут по линии постепенного углубления почвы с поверхности. В разных местах практически проводится вспашка на глубину 25, 28, 30 и 40 см. Для современного этапа земледелия вопросы углубления пахотного горизонта при осуществлении определенной системы мероприятий становятся уже делом государственного плана.

Для увеличения плодородия и создания более глубокого «нормального» пахотного горизонта приходится затрачивать ежегодно много сил, средств и труда.

Основным требованием системы обработки надо считать правильно проводимое периодическое оборачивание пахотного горизонта почвы. Такое оборачивание поверхностных горизонтов связано с устранением всех неблагоприятных физикохимических и биохимических свойств пахотного горизонта, получающихся в результате сельскохозяйственного использования почв.

Увеличение мощности пахотного горизонта требует осуществления одновременно мероприятий, связанных с образованием в почве наиболее благоприятных физикохимических, биохимических и биологических свойств, способствующих возможно быстрому переводу в окультуренные почвы вовлеченных в обработку нижележащих горизонтов.

Для дерново-подзолистых и лесостепных почв, а также для почв сухих и пустынных степей с характерным их свойством — солонцеватостью — углубление пахотного горизонта, в зависимости от природных особенностей почв, становится первоочередной задачей и требует комплексных мероприятий.

Но не все земли в пределах верхних пахотных горизонтов в одинаковой степени обладают существенным свойством — значительно выраженным природным плодородием. Требуется проводить различные искусственные агротехнические, агрохимические и мелиоративные мероприятия для создания эффективного плодородия почв. Уровень состояния науки и техники, а также соответствующие социально-экономические условия, как известно, определяют и уровень эффективного плодородия почв.

На протяжении всего своего исторического развития человек в борьбе со стихийными силами природы, в пределах своих знаний и технических средств, а также социальных заказов производства, принужден был, большей частью, ограничиваться обработкой и использованием свойств почвы одного и того же, верхнего пахотного горизонта. Это и регулировало в известной степени урожайность сельскохозяйственных культур.

Углублению и окультуриванию пахотного горизонта за последнее время уделено достаточное внимание и по этому вопросу имеется значительная литература. Разнообразного характера исследования в этом направлении на разных почвах Союза ССР с большой интенсивностью продолжаются и в настоящее время.

Достаточное количество работ относится к северной нечерноземной области, к почвам дерново-подзолистым, подзолистым и лесостепным. На ряду с выяснением общих задач по углублению и окультуриванию пахотного слоя разными способами параллельно проводятся исследования физико-химических свойств генетических горизонтов вертикального профиля дерново-подзолистых почв. Одновременно ряд работ посвящен исследованию глубины распределения основной массы корневых систем сельскохозяйственных растений.

В результате таких исследований получено определенное количество материалов, дающих основание отдельным авторам утверждать, что наибольшая часть корневых систем сельскохозяйственных культурных растений распределяется, главным образом, или почти целиком, в пахотном слое почв подзолистого типа. Так же делается вывод, что только корневые системы многолетних трав злаковых и бобовых достигают подпахотных горизонтов и «окультуривают» их.

На фоне существующего профиля дерново-подзолистых и, в известной части, лесостепных, а также солонцеватых каштановых и бурых почв по горизонтам проводятся многочисленные работы, ставящие себе целью дать характеристику физических, химических и, особенно, водных свойств. Большое число работ посвящено выяснению плодородия различных генетических горизонтов и т. д.

Все отмеченное выше с достаточной ясностью показывает, насколько вопрос углубления и окультуривания почв в современных условиях земледелия становится насущным для социалистического сельского хозяйства. Не случайно поэтому, что многообразие мероприятий в этом направлении начинает приобретать массовый первоочередной характер в комплексе работ по уходу за почвой.

В настоящее время, как свидетельствуют соответствующие достаточно многочисленные факты, мы имеем научно обоснованные и производственно подтвержденные мероприятия, доказывающие, что в наших условиях создание культурных почв и развитие самого процесса «окультуривания» почв вполне осуществимо. При этом окультуривание можно проводить не только путем углубления почвы с поверхности, но и применением новых земледельческих методов, способствующих превращению подпочвы в верхние, пахотные горизонты почвы. Создаются производственно вполне реальные условия, при которых разными способами подпочвы начинают обрабатывать и довольно быстро превращают в пахотные земли, в новые почвы с иными физико-химическими и биохимическими свойствами.

Вопрос о создании новых пахотных земель был поднят еще в середине прошлого столетия. К. Маркс в анализе условий природного и эффективного плодородия почв с исчерпывающей полнотой указывал на пути образования новых пахотных земель, в том числе и на обработку подпочв с переносом их на поверхность [1].

[1] К. Маркс. Капитал, т. III, ч. II, гл. 39, стр. 574, изд. 1936 г.

Капиталистические условия сельского хозяйства не могли, конечно, обеспечить подобное крупное почвенное мелиоративное мероприятие, требующее определенных материальных затрат, больших площадей, применения значительной механической тяги и использования удобрения.

Поэтому вполне понятно, что научная и техническая мысль, получив в прошлом определенный социальный заказ, пошла по пути максимального использования поверхностного пахотного горизонта, меняя и переделывая его свойства и плодородие. Но в этих агромероприятиях, которые весьма необходимы сами по себе, сравнительно мало затрагивались вопросы более глубокого изменения свойств и природы нижележащих подпочвенных горизонтов.

Внимательное изучение почвенного покрова Союза ССР, где имеется большое разнообразие почв и полностью представлены все основные почвенные зоны, показывает, что при наличии крупного механизированного социалистического сельского хозяйства имеется полная возможность не только реально ставить, но систематически разными новыми земледельческими методами осуществлять в условиях производства уже коренную переделку почв, систематически проводить массовый перевод подпочв в новые пахотные земли.[1]

На территории СССР, действительно, многие почвы (дерново-подзолистые, почвы лесостепи, в определенной степени черноземные, почвы сухих и пустынных степей — солонцеватые каштановые и бурые, красноземы и др.) в более глубоких своих горизонтах, в так называемой подпочве (30—40—60—80 см), характеризуются своеобразными физикохимическими свойствами. В природной обстановке различные вещества подпочвы без соответствующего их изменения обычно мало или почти не используются корневыми системами культурных растений; только корневые системы древесных пород и многолетних травянистых растений, — злаков и бобовых, в особенности последних, — в известной степени могут усвоить, и то только весьма незначительную, находящуюся там, часть питательных веществ.

В результате длительно протекавших в почвах природных процессов, связанных с разнообразно проявляемыми процессами перераспределения веществ из поверхностных слоев в более глубокие горизонты, например в дерново-подзолистых и в лесостепных почвах, в солонцеватых и бурых почвах, накопилось в так называемых горизонтах вмывания — иллювиальных, значительное количество органоминеральных и минеральных соединений, но часто без соответствующих изменений они находятся в неусвояемой или малоусвояемой форме. Накопленные разного рода соединения в подпочвенных горизонтах представляют собою энергетическую ценность, потенциальные возможности, резервные фонды внутренних ресурсов почв, мало или почти не используемые при сохранении существующего профиля почв.

При современных методах земледелия и при подходе к почвам в их статическом состоянии почвенного профиля (без учета динамических явлений и историчности процессов почвообразования, эволюции почв, как периодов и стадий единого процесса формирования почв) имеются попытки профильного изучения по отдельным горизонтам плодородия почв.

Отсюда в литературе создаются и методологически неправильные выводы; стремятся сделать обобщение, что нижние и подпочвенные горизонты всех почв, даже независимо от их генезиса, типа и географического местонахождения, или совсем бесплодны или отличаются сильно пониженным

[1] См. наши работы по данному вопросу в области дерново-подзолистых и лесостепных почв: Большевик, № 17, 1939; Советская наука, № 9—10, 1939; газ. Социалистическое земледелие, № 1, 1940 и др., а в области солонцеватых каштановых и бурых почв — сб. «Земля», т. III, 1923; Почвы Сталинградской губернии, т. 1, М., 1929.

плодородием при сопоставлении их с поверхностными — пахотными горизонтами и т. д.

Многие авторы считают причиной неплодородия нижних подпочвенных горизонтов, якобы, недостаток или отсутствие в них тех или других элементов пищи растений в усвояемой форме, отрицательные физические или физикохимические свойства. Устанавливаются также различные типы неплодородия нижних горизонтов почв, причем причинами отмечают реакцию почв, емкость поглощенных оснований, степень насыщенности, степень обогащенности органическими веществами, степень усвояемости почвенной фосфорной кислоты, формы поглощения в почве вносимых в нее фосфатов, подвижность железа, алюминия и марганца и характер действия их на рост и развитие растений, степень действия минеральных удобрений в сторону, якобы, отрицательную на растение; также намечают характер дефицита питательных веществ в почвенных горизонтах и т. д.

Такие же выводы делаются и в отношении физических свойств почв по отдельным горизонтам; подобные наблюдения приводятся и в части распределения корневых систем при условии неизменяемости горизонтов почвенного профиля.

Существующая методика изучения плодородия почв по отдельным горизонтам в их статическом состоянии не обеспечивает получение правильных выводов в разрезе коренной переделки почв. Требуется по-иному поставить вопрос. Нельзя, конечно, игнорировать генетические особенности каждого горизонта почвы, как определенной стадии процесса почвообразования и формирования при этом профиля определенного типа почвы. Изучение генетических горизонтов возможно и должно проводить не только в статическом состоянии, но и в разрезе их динамических изменений.

При соответствующей обработке почв и применении комплекса мероприятий более глубокие горизонты почвы (подпочвы) могут при переносе их на поверхность сравнительно быстро превращаться в верхние, культурные пахотные слои почвы. До последнего времени такие глубоколежащие горизонты почвы, как мало доступные для корневой системы сельскохозяйственных растений, обычно не использовывались. Прямое и всестороннее использование таких «подпахотных» горизонтов почвы путем выворачивания и превращения их в пахотные слои — пока задача сложная, но при применении соответствующих земледельческих методов и механизации, специальном изучении в этом направлении почв, известной в первый период работ постепенности, это — задача вполне осуществимая. Такие мероприятия дадут значительный эффект в части увеличения плодородия почв вообще и резким скачком увеличат плодородие нового глубокого пахотного слоя.

Для современного этапа изучения почв необходимо направить исследования в сторону выяснения вопросов по более решительному изменению всех физикохимических, биохимических и биологических свойств почвенных и подпочвенных горизонтов, это и обеспечит более всестороннее решение проблемы коренной переделки почв и превращения их в высококультурные.

Нельзя забывать и того положения, что «ни одна капля воды не может проникнуть в организм растения иначе, как через его корневую систему из почвы. Только тем же путем может осуществиться питание культурных растений их зольной пищей и большинства их азотом» (Вильямс).

В настоящее время требуется осуществление и углубление научно-исследовательских работ по изучению генезиса почв в условиях широкого и многообразного воздействия на них производства, в условиях, когда системой плановых мероприятий мы стремимся создать в любой области или зоне высококультурные, с эффективным плодородием, почвы.

На окультуривание почв нельзя смотреть как на простое техническое мероприятие, влияющее только на поверхностный горизонт. Комплекс агротехнических мероприятий, систематически осуществляемый в системе сево-

оборотов, влияет на почву, да и сельскохозяйственные растения, особенно корнями, в самом севообороте постепенно, по достаточно глубоко, охватывают почвенные горизонты, резко меняя их природу и свойства.

Окультуривание почв — современный процесс почвообразования, совершающийся под резким воздействием производства и хозяйственной деятельности человека. Процесс окультуривания почв, как комплексное мероприятие, не только не снимает природные процессы почвообразования, но их значительно усложняет, а в ряде случаев и резко изменяет.

В результате окультуривания почв на значительной территории в почвах совершаются резкие изменения, создаются новые виды и сорта почв. Все это подводит нас к очередной и серьезной задаче почвоведения, — к коренной переделке почв, как развитию новых процессов почвообразования и формированию в желательном для сельскохозяйственного производства направлении почв с высоким и устойчивым плодородием.

Подробно изучая дерново-подзолистые и лесостепные, каштановые и бурые солонцеватые почвы в части их генезиса и условий создания эффективного плодородия, мы вынуждены были с тридцатых годов начать более систематическую опытно-исследовательскую работу по коренной переделке почв, в том числе путем превращения подпочв в пахотные земли.

За последний десятилетний период наших специальных исследований, на разных их стадиях накопился значительный экспериментальный материал, позволивший нам в последние годы создать уже производственно реальные условия по сельскохозяйственному освоению подпочвенных горизонтов (гор. В) дерново-подзолистых, лесостепных, солонцеватых каштановых и бурых почв.

Сейчас в этом направлении, помимо проводимых непосредственно нами опытно-производственных работ на полях колхозов и совхозов, ведутся в разной степени детализации и полноты исследовательские работы в ряде районов Московской области, в Ленинградской и Горьковской областях, в Татарской и Чувашской АССР и в других местах на почвах северной нечерноземной полосы — на почвах, столь нуждающихся в создании возможно быстрых условий резкого повышения их плодородия. Такого же характера работа начала проводиться в других почвенных зонах.

Результаты многолетних исследований и достижений как лично наших работ, так и подобного порядка работ других исследователей и передовиков сельского хозяйства, говорят о полной возможности широкого производственного осуществления рационализаторских мероприятий. Эти работы указывают на возможность полного осуществления новых земледельческих методов по коренной переделке почв с превращением их на качественно новой основе в почвы с высокоэффективным и устойчивым плодородием.

В настоящей статье мы не входим в подробности разбора всех имеющихся материалов и исследований по физикохимическим и биохимическим свойствам почв, подвергнутых коренной переделке. В этом, общего характера, сообщении отметим только наиболее существенные стороны исследованных нами почвенных процессов и явлений, связанных с обращением подпочв в пахотные земли.

Для разрешения различных вопросов, связанных с переводом на поверхность глубоких подпахотных горизонтов, например, рудякового горизонта, переводом их в культурные пахотные слои, требовалось предварительно выполнить большое количество опытноисследовательских и экспериментальных работ в довольно сложной обстановке.

Подготовительный этап исследований потребовал проведения целого ряда специальных работ. До перехода в опытно-производственную обстановку для систематических многолетних и длительных наблюдений в 1937 г. нами были заложены в нескольких местах особые почвенные «лизиметры» с разнообразно перемещенными генетическими горизонтами.

Подобные почвенные «лизиметры» были заложены на участке 2-го квартала лесной опытной станции ТСХА на 12 делянках (размером каждая по 4 м²). По определенной схеме для генетических горизонтов (дерновый, подзолистый и рудяковый горизонты) проводятся 4 опыта на почвенных «лизиметрах». В Дубровицком совхозе Подольского района Московской области ведется опыт на участке с 54 делянками (размером каждая в 12 м²). По схеме более усложненной для генетических горизонтов (дерновый, подзолистый, рудяковый и материнская порода) здесь ведется 18 опытов на почвенных «лизиметрах». [1]

Кроме того, в 7, 11 и 3 кварталах лесной опытной станции ТСХА с 1937 г. были заложены опыты на ряде участков, также на особого рода «почвенных лизиметрах», где, кроме того, проводятся экспериментальные исследования по выяснению влияния лесных пород и подстилок на пищевой и водный режим почв. Здесь были произведены под растущим лесом — лиственица, дуб, ель, сосна, береза — выемки почв на глубину 60 см и внесена вместо прежней почвы однородная порода — моренный суглинок. [2]

Разрешение вопросов по нашей основной теме коренной переделки почв затрагивает также и существенную сторону процессов почвообразования, особенно о роли и значении органических веществ. Особое внимание нами обращается на выяснение природы органических соединений по горизонтам дерново-подзолистых, лесостепных, солонцеватых каштановых и бурых почв. В этой работе специальные исследования проводятся проф. В. В. Вильямсом.

Сущность мероприятий, выполненных в производственной обстановке на полях колхозов и совхозов, например, для подзолистой и лесостепной нечерноземной полосы, в общих чертах состоит в следующем: в выворачивании на поверхность специальными плугами глубоких горизонтов почв — подпочв (примерно с глубины 40—60—80 см, в зависимости от характера и глубины залегания так называемого рудякового или орштейнового горизонта), в осуществлении последующей системы агротехнических мероприятий, тесно увязанных с биохимическим регулированием свойств почв; в комплексном применении органических и минеральных удобрений; в известковании; в посеве многолетних трав. В первоначальной стадии (выворачивание) почва, как правило, должна быть пропущена через черный пар. Все указанные мероприятия способствуют быстрому и полному превращению глубоких подпочвенных горизонтов в культурные при высокой производительности вновь полученных пахотных почв.

Поверхностные горизонты таких почв, как дерново-подзолистые и лесостепные (в особенности близко залегающий к поверхности почвы подзолистый горизонт, по природе мало плодородный) при длительно протекавших природных процессах оподзоливания приобрели ряд отрицательных физико-химических и биохимических свойств. Природное плодородие указанных почв весьма низкое. Для увеличения их производительности требуется

---

[1] Настоящая работа продолжается; в ней участвует научный сотрудник кафедры А. А. Тарунтаева. Собранный большой экспериментальный материал подвергается систематической обработке и изучению. Производственная часть работы по выполненным исследованиям проводилась также при участии научного сотрудника Д. П. Илларионова. С 1940 г. в этой работе, помимо А. А. Тарунтаевой, принимают участие аспиранты кафедры почвоведения Е. В. Кулаков, М. И. Горохов, И. С. Кауричев, В. И. Смирнова и техник-почвовед Г. И. Слепнева; кроме указанных лиц, в эту работу включились научные сотрудники и преподаватели кафедры почвоведения.

[2] Эта работа, весьма длительная, выполняется по специально разработанной нами программе при участии ст. научного сотрудника А. К. Ярцевой и входит своей большей частью в нашу основную комплексную тему по выяснению влияния лесной растительной формации на водный и пищевой режим почв. Здесь разрабатывается вопрос регулирования водного и пищевого режима почв под воздействием лесных пород и их подстилок.

выполнить ряд мероприятий и периодически затрачивать определенные средства и труд.

В результате подзолообразовательного процесса все так называемые подвижные вещества под влиянием биохимических процессов, тесно связанных с развитием грибного процесса разложения лесной подстилки, выносясь из верхних слоев почвы, начинают постепенно (в зависимости от механического состава породы, залегания почвы по элементам рельефа и степени интенсивности проявления самого процесса почвообразования) откладываться в более глубоких горизонтах (40—60—80 см). Процесс подзолообразования, по-разному выраженный для почв всей северной нечерноземной полосы, надо считать общим, связанным с воздействием на почву деревянистой растительности.

Фиг. 1. Вспашка поля плантажным плугом на глубину 60 см; вид сбоку.

В историческом развитии через стадию или период подзолообразования, конечно в разной степени его проявления, прошли в основном все почвы. Обеднение поверхностных горизонтов элементами пищи и глинистыми частицами, усиленное обогащение этими веществами более глубоких подпахотных горизонтов приводит к образованию особого, по-разному выраженного подпочвенного горизонта (гор. В).

Использование вывороченного на поверхность рудякового горизонта не только обеспечивает условия высокого эффективного плодородия, но и дает возможность полностью изменить прежний характер и тип почв, создать действенную новую почву. Такой новой почвой представляется уже возможным планово управлять в интересах сельскохозяйственного производства.

В нашей работе по коренной переделке почв очень наглядно подтверждается одно из основных положений Маркса о роли машин и влиянии их на направление и изменение технологических процессов. Все наши сельскохозяйственные машины в части обработки почв развивались на основе определенных технологических процессов вспашки поверхностного горизонта.

Внедрение новых двигателей и сельскохозяйственных машин (например,

плугов плантажного типа — плугов, берущих на большую глубину, тракторов ЧТЗ и т. д.) сразу меняет существующие технологические процессы, связанные с обработкой почв. Конструкторская мысль, пользуясь достижениями науки и техники и не будучи связана рамками капиталистических отношений, может полностью обеспечивать социалистическое земледелие качественно новыми машинами по уходу за почвой с целью получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

В настоящее время еще не сконструированы специальные плуги, которые смогли бы полностью выполнить задачу по коренной переделке почв — по

Фиг. 2. Вспашка поля плантажным плугом на глубину 60 см; вид сзади.

полному оборачиванию и выносу на поверхность нижних подпочвенных слоев. В своих работах нам пока пришлось пользоваться, главным образом, плугами типа плантажных, обеспечивающими глубину до 70—75 см при среднем рабочем захвате до 50 см (фиг. 1 и 2).

Определенная конструкция существующих плугов представлена одноярусными, двухъярусными и двухъярусными с почвоуглубителем. Такие плантажные плуги по-разному выполняют задачу оборачивания и выноса на поверхность нижнего (так называемого рудякового) горизонта (гор. В) дерново-подзолистых и лесостепных почв.

Наиболее желательной системой обработки надо считать применение плугов трехъярусных, двухъярусных или двухъярусных и трехъярусных с почвоуглубителем, дающих возможность полностью перераспределять почвенные горизонты, в соответствии с научно-техническими требованиями по принципу трех- двухъярусной вспашки на общую глубину. Конструкция плуга, кроме того, должна отвечать и другим требованиям, могущим встретиться при обработке почв в разнообразных природных и хозяйственных условиях.

Если, например, современный пахотный горизонт достаточно окульту-

Фиг. 3. Образцы урожая озимой ржи сорт «Вятка» 1940 г. из дер. Дубровицы, Подольского р-на, Московской области: слева — с рудякового горизонта (урожай 29.5 ц/га); справа — с обычной пашни (урожай 24.5 ц/га).

рен, содержит значительное количество перегнойных веществ, достигает мощности 10—15—20 см, то в конструкции плуга надо предусмотреть наличие верхнего корпуса, который мог бы снимать, оборачивать и снова укладывать поверхностный дерновый слой на взрыхленном и вывороченном слое гор. В.

Далее, например, подзолистый горизонт — наименее плодородный, с средней мощностью до 15—35 см — особым корпусом подрезается и отправляется вниз, на место рудякового горизонта.

Рудяковый горизонт, залегающий под подзолистым и достигающий часто глубины до 70—80—90 см, оборачивается без перемешивания основным корпусом и поднимается наверх.

В ряде случаев при значительной мощности рудякового горизонта возможно наиболее глубокую его часть, примерно от 75 до 85—90 см, разрыхлять почвоуглубителем, не вынося этой части подпочвы на поверхность.

Во всех случаях, когда пахотный горизонт недостаточно окультурен или подзолистый горизонт подходит близко к поверхности, или верхний горизонт почвы представляет собою типичный злостный подзол, — оборачивание почвы производится, в зависимости от конструкции плуга (двух- или одноярусный), или сразу на всю глубину (при одноярусном), или делается разбивка толщи почвы на две части. При этом верхним корпусом снимается с поверхности пласт мощностью 25—35 см и такая почва сбрасывается на дно борозды, образованное нижним корпусом. Нижним же корпусом плуга подпочвенный слой (рудяковый горизонт) мощностью 40—50 см подрезается и без перемешивания выносится наружу. Применение почвоуглубителя весьма желательно.

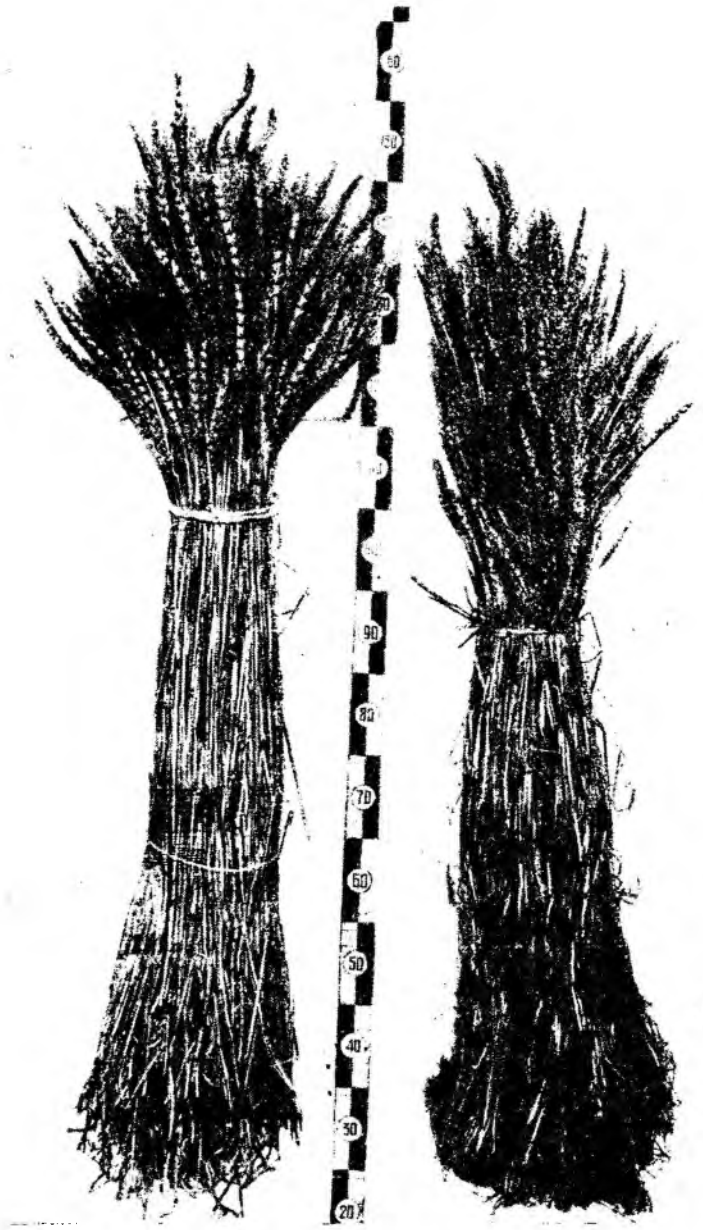
Глубокая обработка — выворачивание рудякового горизонта на поверхность — производится всего лишь один раз, а дальше н о в а я почва пашется уже нормально на любую глубину обычными плугами с предплужником. Перевернутые подпочвенные горизонты в первый год обязательно пропускаются через черный пар.

Свои исследования мы не считаем законченными, так как требуется разрешить еще целый ряд вопросов агротехники, вскрыть протекающие во вновь созданных почвах закономерности и процессы. Но все же на данном состоянии изученности проблемы коренной переделки почв нам представляется возможным наши выводы производственно начать проверять на колхозных и совхозных полях.

В настоящей статье мы не приводим имеющихся в нашем распоряжении экспериментальных данных, собранных более чем за десятилетний период наших работ по коренной переделке почв. Отметим только, что нам представилась возможность экспериментально выяснить различие между неизмененными и перемещенными горизонтами почвы. Это было сделано по отношению к дерново-подзолистым, лесостепным, солонцеватым каштановым и бурым почвам. Нами были выяснены также физикохимические и биохимические особенности неизмененных и перемещенных почв и установлены для каждого горизонта причины различия в плодородии для почв природных и перемещенных.

Особое внимание в исследованиях было направлено на более тщательное изучение природы так называемого рудякового или ортштейнового горизонта (гор. В). Этот горизонт представляет собой одну из стадий подзолообразовательного процесса, стадию яркого и своеобразного проявления в почве и породе биологических и биохимических процессов воздействия природных растительных формаций на почву.

Рудяковый горизонт (подпочвенные слои) характеризуется целым рядом особенностей, резко отличающих его от вышележащих почвенных горизонтов — дернового и подзолистого — и в такой же степени от подстилающей его материнской породы. В рудяковом горизонте под влиянием



Фиг. 4. Образцы урожая озимой пшеницы сорт «Московская 2411» в 1940 г. из совхоза Дубровицы, Подольского р-на, Московской области: слева — с рудякового горизонта (урожай 36.5 ц/га); справа — с обычной пашни (урожай 18 ц/га).

общего проявления процессов оподзоливания и выноса собраны почти все вещества, какие когда-то были в поверхностных горизонтах почвенного профиля дерново-подзолистых почв.

Все органические и неорганические соединения, в число которых входят элементы пищи и глинистые частицы, в результате предыдущего выноса из поверхностных горизонтов отложились на определенной глубине. Для роста и развития сельскохозяйственных растений такие соединения, пока они находятся на известной глубине, в большинстве случаев остаются мало полезными. Но как только их переносят на поверхность, они, разлагаясь и выветриваясь, меняют при новых условиях среды свои отрицательные свойства и уже на новой основе очень быстро становятся пригодными для роста и развития растений.

Для иллюстрации приводим цветные рисунки, фотоснимки почв и растительности и описание дерново-подзолистых почв Подольского района Московской области, с которыми нам приходилось иметь дело при коренной их переделке.[1] Ознакомление с приводимым материалом достаточно раскрывает основные положения коренной переделки почв.

В данном случае мы имеем дело с дерново-подзолистыми почвами на тяжелых пылеватых покровных структурных суглинках. Под лесом эта почва имеет следующие морфологические признаки.

Поверхность почвы покрыта лесной подстилкой. Ниже, до 20 см идет подзолистый горизонт белесого цвета. Дерновый горизонт вследствие отсутствия травянистой растительности почти не выражен. Подзолистый горизонт листового и плитчатого сложения, плотный, постепенно переходит в следующий горизонт в виде затеков.

Далее до 30 см идет переходный горизонт с частыми подзолистыми затеками, чередующимися с бурыми пятнами неоподзоленной породы. Распадается на мелкие ореховато-призматические остроребериые отдельности, покрытые кремнеземистой присыпкой по граням. Оподзоленные затеки далеко заходят по трещинам.

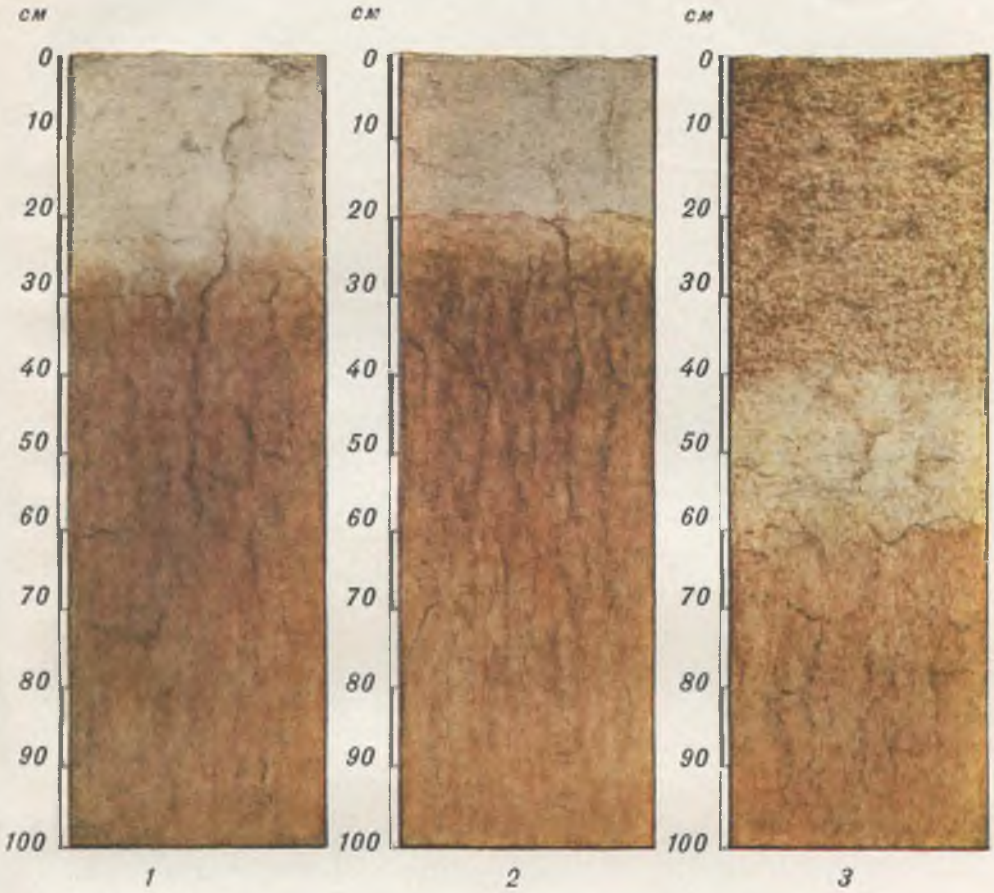
За переходным горизонтом идет иллювиальный горизонт с 30 до 54 см. Желто-бурого цвета, призматической структуры, плотный. По граням структурных отдельностей залет SiO_2. По трещинам опускаются подзолистые затеки.

С глубины от 52 до 76 см залегает более плотный иллювиальный горизонт, призматической структуры с хорошо заметной SiO_2 по граням отдельностей и подзолистыми затеками. Встречаются частые бурые железо-марганцевые пятна и мелкие конкреции. Мелкие корни деревянистых растений вследствие плотности породы направляются исключительно по трещинам.

Ниже, с 76 см идет плотно-бурый суглинок с охристым оттенком и признаками оглеения. Встречаются мелкие железо-марганцевые пятна и конкреции. Суглинок распадается на крупные призматические отдельности местами с хорошо заметной присыпкой SiO_2 по граням и с подзолистыми затеками.

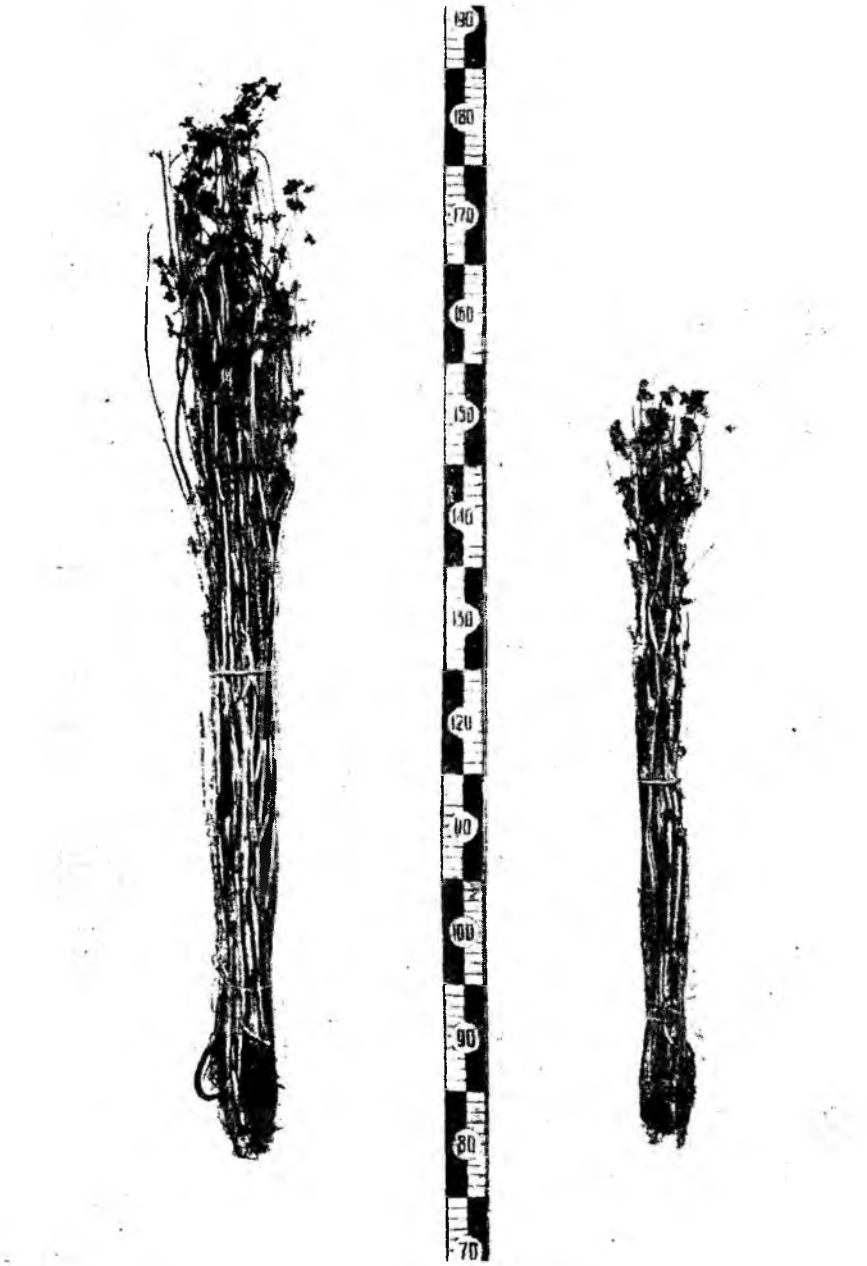
Эта же почвенная разность под многолетней пашней имеет следующие отличия по морфологическим признакам от почвы из-под леса. Верхний пахотный горизонт до 20 см не белесого цвета, как под лесом, а светло-серого и сильнее обогащен перегноем, обнаруживает неразложившиеся остатки навоза и корней растений. Имеет неясно выраженную комковатую структуру, но все же с большим количеством распыленной и бесструктурной массы. С нижним горизонтом, вследствие распашки, граничит резко.

[1] Подробное описание почв сделано по нашему поручению доцентом кафедры почвоведения С. П. Ярковым.



4 5

Подписи см. на фотоснимках на стр. 58, 59 и 61.



Фиг. 5. Образцы урожая гречихи 1940 г. из колхоза «Ударник» Дмитровского р-на, Московской обл.: слева — с рудякового горизонта (урожай 17.8 ц/га); справа — с обычной пашни (урожай 8.2 ц/га).

Ниже почва под пашней напоминает почву под лесом, с тем отличием, что в подпахотном горизонте меньше подзолистых затеков, хотя последние заходят по трещинам на такую же глубину, как и под лесом. Кроме того, под пашней в нижнем горизонте совершенно отсутствуют признаки оглеения, как это наблюдается под лесом, хотя железо-марганцовые пятна и мелкие конкреции встречаются, указывая на то, что временами здесь бывает избыточное увлажнение.

Таким образом, мы видим, что почва под обычной 20-сантиметровой вспашкой меняет свои свойства и признаки, главным образом, в верхнем горизонте, а также уничтожаются признаки оглеения в нижних горизонтах.

Почва, подвергнутая глубокой вспашке до 60 см, резко изменила все свои признаки и свойства. С поверхности до 40 см идет горизонт, состоящий из мелких остроребериых зернистых и ореховатых отдельностей с налетом SiO_2 по граням комков. Весь горизонт рыхлый, пористый, с полным отсутствием уплотненности. Рыхлость и пористость горизонта объясняется тем, что угловатые структурные отдельности не могут плотно примыкать друг к другу, образуя систему трещин и пор. Все это создает хорошую аэрацию и водопроницаемость, а также возможность легкого прохождения корневой системы во всех направлениях и на значительную глубину. В виду этого корневая система растений свободно охватывает структурные отдельности породы по всем плоскостям, развиваясь мощной и густой сетью. Местами в этом горизонте встречаются включения подзолистого горизонта, перемещенного с породой и потерявшего свои свойства.

Ниже, с глубины от 40 до 57 см идет подзолистый горизонт, перенесенный сюда вследствие глубокой обработки. Подзолистый горизонт, перемешанный с породой, имеет другие свойства, как рыхлость и трещиноватость. Ниже 57 см идут те же горизонты, что и на почве, не подвергшейся глубокой вспашке, но более рыхлые.

Таким образом, мы видим, что при глубокой вспашке до 60—70 см на почвах, характеризующихся как в данном случае тяжелым пылеватым суглинком, развитым на структурных покровных суглинках, полностью уничтожаются прежние морфологические признаки почв и свойства, как, например: исчезновение подзолистого горизонта, отсутствие прежней уплотненности и создание в почвах рыхлости, разъединение крупных масс и глыб на мелкие угловатые отдельности и комки, образующие большую систему некапиллярных трещин и ходов, что создает для растения совершенно иные и благоприятные условия для развития, увеличивая резкое проявление микробиологических и биохимических процессов, способствующих большому повышению производительности почв.

Здесь в качестве иллюстрации приведем только некоторые материалы из наших исследований последних лет за 1939 и 1940 гг, полученные полностью на гектарных площадях в производственных условиях на совхозных и колхозных полях Московской области, на различных по степени выраженности рудякового горизонта почвах и под различными культурами (озимая пшеница и рожь, гречиха, многолетняя трава-клевер и тимофеевка, люпин). Урожаи сельскохозяйственных растений, полученные на перевернутых подпочвах рудякового горизонта с глубин 50—60—70 см, сопоставляются с урожаями тех же культур, полученных на подзолистых почвах при обычной вспашке без выворачивания глубокого горизонта. Система агротехнических мероприятий в обоих случаях давалась достаточно высокая и агрономически сопоставимая.

Озимая пшеница на обычных почвах давала урожай в 1939 г. 14 ц/га и на вывороченном рудяковом горизонте — 28 ц/га; в 1940 г. — 18 ц/га на обычной почве и 36 ц/га на вывороченной подпочве; гречиха в 1940 г. на обычных почвах — 8.4 ц/га, а на рудяковом горизонте — 17.9 ц/га; лю-

ния в 1940 г. на обычных почвах — 37 т/га, а на рудяковом горизонте — 47 т/га и т. д. (фиг. 3, 4, 5).

Кроме получения высоких урожаев следует отметить отсутствие сорняков в новом пахотном горизонте, так как бывший пахотный горизонт перенесен на значительную глубину, где и погибают все сорняки.

Приведенные данные по урожайности для почв с вывернутым на поверхность рудяковым горизонтом представляют интерес не только по своей абсолютной величине, но и показывают, что качественные изменения, произведенные в почвах, в первые же годы дают достаточно высокие положительные результаты. Последующие агротехнические мероприятия способствуют еще большему закреплению свойств, направленных по пути быстрого окультуривания новых почв. Например, подсев смеси многолетних трав к озимой пшенице после двух лет их жизни резко меняет физические и биохимические свойства рудякового горизонта. Почва приобретает структурное состояние (фиг. 6, 7, 8).

* * *

Вопросы коренной переделки почв, понятно, не ограничиваются только методом переноса подпочв на поверхность и превращением их в пахотные слои.

Современное состояние науки и техники открывает большие перспективы по освоению и других мероприятий в части изменения природных условий почв.

Большое перспективное значение будет иметь использование, например, доменных шлаков в целях мелиорации почв и изменения природного плодородия.

Применение доменных шлаков на современном этапе разработки этого вопроса уже дает достаточно положительные результаты в части переделки почв северной нечерноземной полосы (дерново-подзолистых и лесостепных), в известной степени в районах сухих и пустынных степей с солонцеватыми каштановыми и бурыми почвами, а также и красноземных почв.

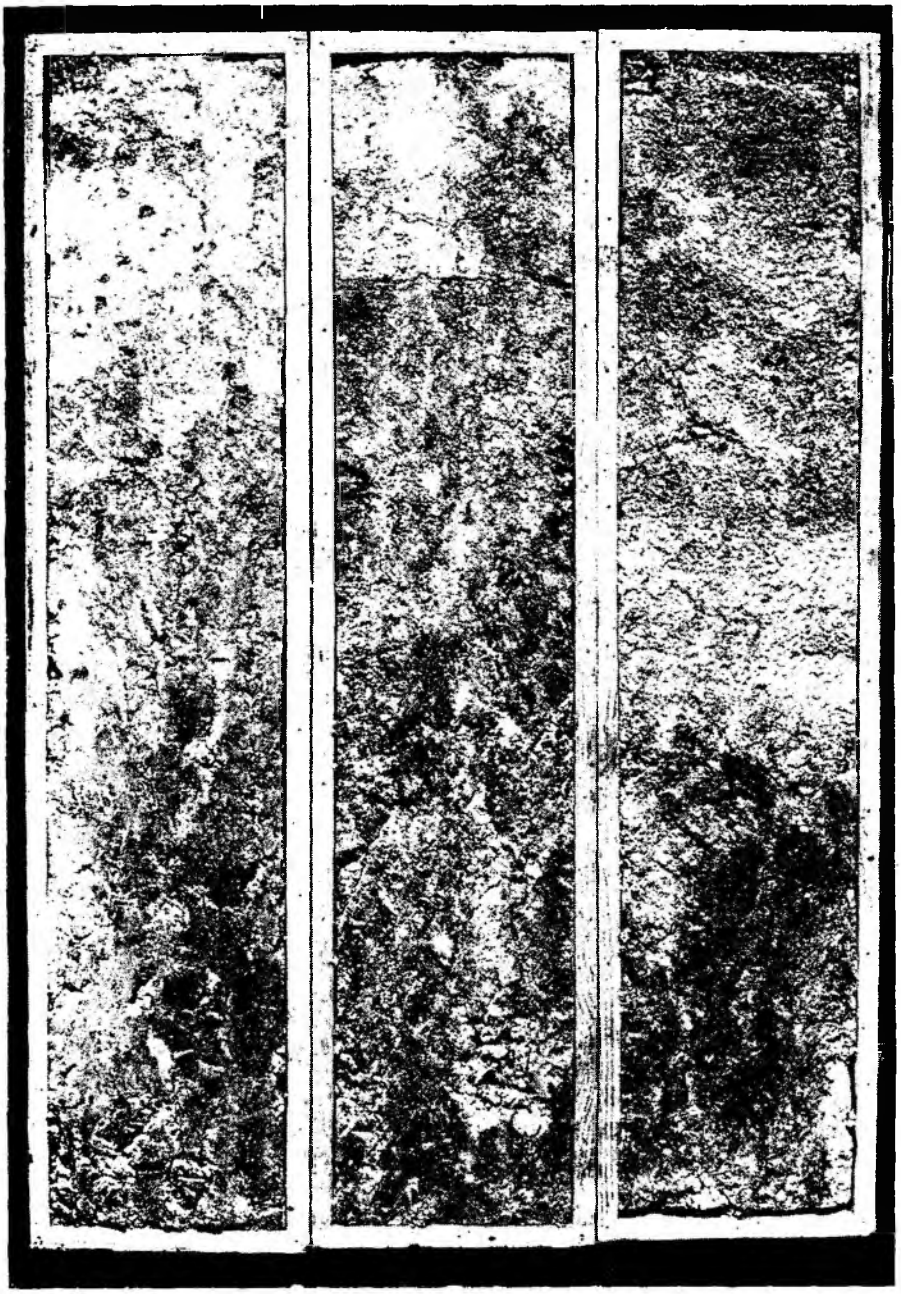
До настоящего времени исследования, по преимуществу, были направлены на выяснение действия доменного шлака непосредственно на величину урожая сельскохозяйственных растений. Но совершенно почти не имеется последований, освещающих действие доменных шлаков на почву, на глубокое изменение состава почв и создание, тем самым, новых почвенных горизонтов с иным физикохимическим составом, способным резко повышать плодородие почв.

Проводимые нами с 1937 г. исследования по влиянию доменного шлака на изменение плодородия дерново-подзолистых и особенно сильно подзолистых почв,—при одновременном воздействии многолетних трав, органических и минеральных удобрений, — в первой части опытно-производственных работ дали нам достаточно положительные результаты.

В наших исследованиях в первую очередь были взяты сильно подзолистые почвы.[1]

Полученные данные дают полное основание считать, что силикатирование (применение доменного шлака) имеет большое положительное значение для изменения природы почв, способствуя развитию в почвах новых процессов и образованию тем самым новых почв. Это мероприятие, со своей

[1] В этом направлении в нашей лаборатории выполняются специальные исследования, в том числе проведена работа аспирантом кафедры почвоведения С. И. Боренштейн (см. ее статью «К вопросу использования доменных шлаков в целях мелиорации почв»). Кроме того, на опытной станции ТСХА нами проводятся работы более расширенного порядка на ту же тему, по изучению влияния доменных шлаков на изменение природы почв, при участии сотрудников кафедры Т. А. Матвеевой и Д. С. Панюхиной. В этом же направлении мы предполагаем провести исследования по различным доменным шлакам.



Фиг. 6. Почвенные монолиты: крайний монолит слева — почва из-под леса; средний монолит — почва поля, вышедшая из-под леса и несколько лет находившаяся в обработке и под с.-х. культурами; крайний монолит справа — та же почва, подвергшаяся коренной переделке — пахоте плантажным плугом с перенесением рудякового горизонта на поверхность.

Фиг. 7. Рудяковый горизонт с глубины 60 см вывернутый на поверхность до обработки.

«теории», «гипотезы» и проч. «положения» о доминирующем «значении» географических условий для урожая, примате природы, о статическом состоянии почв, неизменности состояния почв и т. д.

Следует твердо помнить, что ни в природе растений, ни в почве не заложено никаких ограничений урожаю. Культурные растения не только выносят различные условия жизни, но одомашненное их состояние увеличивает плодовитость растений. Наивысшая производительность растения и почвы определяется состоянием земледелия и степенью применения новых земледельческих методов.

Мероприятия по коренной переделке, окультуриванию почв со своей стороны помогают освобождать земледелие от так называемой вековой «власти земли» и гарантируют непрерывное повышение урожая.

Наше плановое социалистическое земледелие полностью, всеми доступными науке и технике методами обеспечивает прогрессивное развитие эффективного плодородия почв и получение высоких устойчивых урожаев.

Современная действительность нашего социалистического земледелия, смелое новаторство в работе мастеров социалистических урожаев, быстро осваивающих и вводящих в производство на полях колхозов и совхозов все новейшие достижения научной агрономии, все это — блестящие примеры действительной переделки почв и природы растений, примеры создания новых культур сельскохозяйственных растений и новых сортов почв нашего социалистического сельского хозяйства.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

СБОРНИК ПАМЯТИ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

М. Г. ЧИЖЕВСКИЙ

К ТЕОРИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКИХ УРОЖАЕВ В СВЕТЕ УЧЕНИЯ АКАДЕМИКА В. Р. ВИЛЬЯМСА

Уже древние римляне имели в зародыше общие представления о потребностях растений в воде, пище и других факторах их жизни, а также и о плодородии почвы, которые верно схватывали общий характер явлений. Однако этого было недостаточно для объяснения составляющих его частностей. «А пока мы их не знаем, — говорит Энгельс, — нам неясна и общая картина». «Для того чтобы изучить эти частности, — говорил Энгельс, — мы должны изъять их из их естественной или исторической связи и, рассматривая каждую в отдельности, исследовать ее свойства, ее частные причины, действия и т. д.»[1]

Для этого нужны были точные приемы исследования. До известной степени они были известны уже грекам Александрийского периода, получили дальнейшее развитие у арабов. Однако «настоящее естествознание начинается только со второй половины XV века, и с этого времени оно непрерывно делает все более быстрые успехи» (Энгельс).[2]

По мере внедрения точных методов исследования, физиология растений становится на путь действительно научного познания растений в его взаимоотношении со средой. От наивных попыток Ван-Гельмонта (1630) выяснить основы растительной жизни через применение эксперимента, физиология растений последовательно устанавливает основные закономерности в питании растений.

В 1650 г. Глаубером сделано первое научно обоснованное наблюдение над значением селитры в произрастании растений. Однако потребовалось еще свыше двух столетий, чтобы установить отношение разных растений к источникам азотных соединений.

Установление значения других элементов питания растений потребовало меньшего отрезка времени, и уже во времена Буссенго (1838) были установлены основные элементы питания растений, присутствующие в золе.

Наблюдением Пристлея над очищением растением воздуха, испорченного животными, был дан толчок для работ над изучением ассимиляции CO_2. Но самому Пристлею не удалось подтвердить свои наблюдения над разложением CO_2, и только в 1779 г. Ингенгуз установил условия, необходимые для ассимиляции CO_2. Однако еще Сенебье в последующем придерживался взгляда, что перегной, на ряду с атмосферной CO_2, составляет источник углекислоты для растений и что корни поглощают угольную кислоту, необходимую для построения органического вещества.

Введение Соссюром точных методов газового анализа ускорило разрешение вопроса об ассимиляции CO_2.

---

[1] Карл Маркс. Избранные произведения. Ф. Энгельс. Развитие социализма от утопии к науке. Партиздат ЦК ВКП(б), 1937, т. I, стр. 116.

[2] Там же.

Однако известно, что Тэер еще в 1812 г. придерживался гумусовой теории питания растений. Хотя ему и были известны исследования Сенебье, он все же склонился в вопросе об источнике углерода для растений в пользу выводов Газенфратца, в опытах которого количество углерода в ростках, выращенных в водной культуре, оказалось меньше, чем в семенах. Такой результат опыта явился следствием недостаточного освещения и отсутствия в воде необходимых элементов для развития растений.

Несмотря на то, что гумусовая теория Тэера была впоследствии заменена теорией минерального питания растений, ряд общих положений Тэера в его учении о плодородии почвы, в иной форме понимаемых, сохраняет свое значение и сейчас. В частности еще и сейчас актуальны его настойчивые указания на сохранение нужного баланса органического вещества. Взгляды Тэера в этом вопросе оказались ближе к истине, чем более поздние взгляды Либиха, отводившего перегною узкую роль источника угольной кислоты для растворения минеральных элементов питания в почве. Интересно, что мысль о роли бобовых и других многолетних трав в обогащении почвы перегноем была высказана значительно раньше Тэера московским профессором И. Комовым (1788 г.).

Буссенго, применяя разработанные Соссюром и им самим точные методы газового анализа и введя впервые полевой опыт, доказывает исключительную роль азота в питании растений. Он выдвигает азотную теорию питания растений. Значение ряда других элементов для растений (РК) получает у него достаточное экспериментальное подтверждение. Однако гумусовая теория питания растений продолжала существовать вплоть до 1840 г., и лишь в 1840 г. Юстус Либих выдвигает положение, что «т о л ь к о неорганическая природа доставляет пищу растениям». Минеральная теория питания растений приходит на смену гумусовой. Взгляды, подобные взглядам Либиха, о значении минеральных элементов питания были высказаны еще раньше Шпренгелем (1837).

Юстусу Либиху принадлежит первая попытка установить общие закономерности во взаимоотношении растения со средой. Он выдвигает так называемый «закон минимума», согласно которому урожай растения определяется фактором, находящимся в относительном минимуме. Все факторы жизни растений Либих в своем «законе минимума» сводил к элементам питания. На основании известных ему данных и собственных исследований Либих устанавливает пропорциональность действия количественных изменений элемента, находящегося в минимуме. В последующем это положение получает математическое выражение:

$$Y = A \cdot X$$

В этом уравнении Y — урожай, X — количество питательных веществ, и A — коэффициент пропорциональности, значение которого меняется в зависимости от рода удобрения.

Установленная им зависимость между количественным изменением фактора, находящегося в минимуме, и урожаем встретила сильную критику со стороны экономистов, защищавших так называемый «закон убывающей доходности». Либих, как известно, сам признавал этот «закон». Так, например, в своих «Основах», при описании действия пахоты и унавоживания, он говорит следующее: «Легко понять, что увеличение урожайности поля не может быть пропорциональным труду, приложенному к полю,—она увеличивается в гораздо меньшей степени».[1] В доказательство он приводит следующее объяснение: «двойное количество труда не может удвоить количества частиц имеющегося питательного вещества, которые

[1] Л и б и х. Химия в ее применении к сельскому хозяйству и физиологии, изд. 7, ч. 1, стр. 143—144, Брауншвейг, 1862.

в данное время становятся эффективными при ординарном труде». Таким образом, Либих, сводя влияние всех факторов жизни растений к действию элементов питания, признавал по отношению к ним, как видно из указанного выше, действие «закона убывающей доходности».

Выдвинутое им положение о пропорциональности действия фактора минимума входило в противоречие с признанием (в том числе и Либихом) «закона убывающей доходности». Это вызвало большую критику со стороны современников. В последующем он снял свое положение о пропорциональности действия фактора минимума и формулировал свой «закон минимума» в общей форме: «Каждое поле содержит одно или несколько питательных веществ в минимуме и одно или несколько других в максимуме. Урожаи находятся в соотношении с этим минимумом питательных веществ, будет ли это известь, калий, азот, фосфорная кислота, магнезия или другие вещества. Веществом, находящимся в минимуме, управляется урожай и определяется его величина и устойчивость во времени».

Как видно из последующих высказываний, Либих стал даже признавать понижающийся эффект последующих одинаковых дозировок удобрений в почву. Так, он говорит: «Что же касается употребления слишком больших количеств, то оно основано на ложном взгляде, что действие удобрений пропорционально его массе». И дальше: «Как только эта величина достигнет определенного предела, то дальнейшее прибавление удобрения в почву уже совершенно не оказывает действия».

Установленным Либихом «законом минимума» стали пользоваться буржуазные экономисты (Ланге и др.) для доказательства «закона убывающей доходности», который, как указано выше, признавался и самим Либихом.

В последующем делались неоднократные попытки установить количественную зависимость между последовательным добавлением того или иного элемента питания, или другого фактора, находящегося в минимуме, и урожаем растения.

Так, Вагнер в 70-х — 80-х годах, на основании исследований, признавал пропорциональность действия последовательных одинаковых прибавок удобрений на величину урожая. Однако его выводы встретили критику со стороны ряда авторов, особенно Р. Гейнриха. Последний утверждал, что увеличение дозировок удобрения дает как раз не постоянный, но понижающийся прирост урожая.

Гельригель, на основании своих работ по изучению влияния количественного изменения различных факторов, устанавливает точки «минимума», «максимума», «оптимума» в действии факторов, получившие в последующем название «законов минимума, оптимума, максимума». При графическом изображении полученных им данных по азоту [в форме Са $(NO_3)_2$] получается сигмоидальная кривая, на которой вторая и третья дозировка азота дает бо́льшее повышение урожая, чем можно было бы ожидать, если бы действие удобрений, как раньше утверждал Либих, было просто пропорционально вносимому количеству удобрений. Четвертое и пятое увеличение дозы оказывает менее сильное влияние. Кривая, таким образом, получает форму сигмоида, как это представлено на фиг. 1.

Другие опыты подобного типа дают результаты со снижением эффективности последовательных одинаковых дозировок питательного вещества, т. е. имеют форму последовательно затухающей кривой, представленной на фиг. 2.

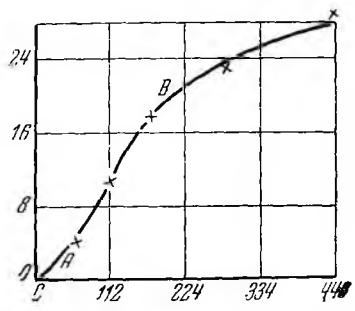
Либшер, проводивший большое количество исследований в конце XIX столетия, устанавливает следующее дополнение к «закону минимума» Либиха:

«Растение с тем большей продуктивностью может использовать находящийся в минимуме вегетационный фактор, чем больше других факторов находится в оптимуме». Таким образом, здесь уже признается в некоторой

степени зависимость действия фактора, находящегося в минимуме, от состояния других факторов.

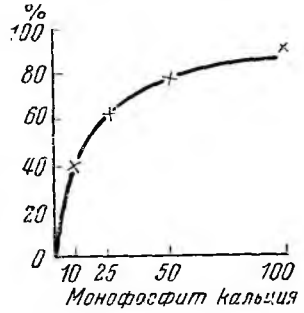
В 1910—1911 гг. Митчерлих, на основании своих исследований, сделал попытку дать новую формулировку закона, регулирующего отношение растений к факторам их роста и развития. Отрицая установленный Либихом «закон минимума» (по которому следовало, что урожай определяется только фактором, находящимся в минимуме), Митчерлих указывает, что высота урожая определяется всей суммой действующих на растение факторов роста.

Такое утверждение как будто являлось шагом вперед по сравнению с формулировкой этого «закона» Либихом. Однако по существу оно являлось только некоторой модернизацией старого «закона минимума» Либиха. Это следует из того, что сам Митчерлих признает, что более сильное влияние оказывает прибавка того фактора, которого более всего недостает для получения максимального урожая. Так же, как и Либих, Митчерлих исходит из метафизического положения о независимости действия факторов жизни растений, хотя в изложении закона и указывается на «совместное» действие факторов.



Фиг. 1. Эффективность действия последовательных доз азотистых удобрений на урожай ячменя (по Гельригелю):

Цифры по вертикали обозначают урожай сухого вещества в граммах на сосуд; по горизонтали — миллиграммы N, внесенного в виде $(CaNO_3)_2$.



Фиг. 2. Эффективность действия последовательных доз монофосфата кальция на урожай овса (по Митчерлиху).

Он сформулировал этот «закон» следующим образом: «Найденный нами закон действия факторов роста гласит, что урожай растения (Y) повышается с введением увеличивающихся количеств какого-либо фактора роста (X) пропорционально величине урожая, недостающей до максимального урожая (A)».

В математическом выражении Митчерлих придавал ему следующий вид:

$$\frac{dY}{dX} = (A - Y)\,C,$$

где C — коэффициент пропорциональности действия того или иного удобрения. Величина этого коэффициента (разного для разных удобрений) признается Митчерлихом постоянной и независимой от среды и от растения.

Формула Митчерлиха подвергалась в последующем ряду изменений и дополнений. Последняя модификация этой формулы, сделанная Бауле, выражает зависимость величины урожая от многих переменных факторов:

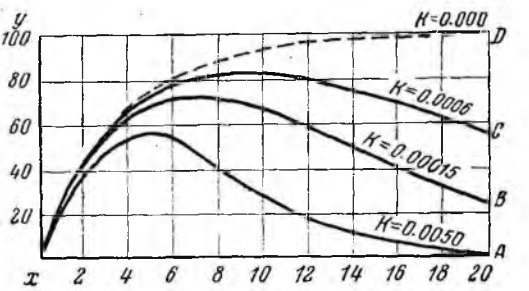
$$Y = A\,(1 - e^{-cx})\,(1 - e^{-c_1 x_1})\,(1 - e^{c_2 x_2})$$

и т. д.

Как и в предыдущем математическом выражении, здесь не учитывается взаимосвязь и взаимодействие всех факторов жизни растений и влияние их друг на друга и в целом на состояние всех факторов, определяющих урожай

Теснейшая взаимосвязь и взаимодействие факторов роста и развития растений подменяется принципом независимого действия их друг от друга. А между тем всякое изменение одного какого-либо фактора изменяет соотношение его с другими, делая новое сочетание всех факторов или более, или менее благоприятным для растения. При этом игнорируется также растение, как организм, изменяющий свои потребности в зависимости от периодов своего развития. Признается механически одинаковость потребностей растения в разные периоды его роста и развития. Положение Митчерлиха о независимости коэффициента действия фактора роста от условий среды и самого растения оспаривается даже многими буржуазными учеными и представляет яркий пример метафизического мышления.

Графическое изображение результатов опытов с количественным изменением удобрений, в зависимости от взятых дозировок, различно. В случае большого избытка в применяемых дозировках удобрений, вызывающих вредное действие, кривая приобретает характер резкого падения с правой стороны, причем, в зависимости от среды, формы применяемого удобрения и степени отрицательного действия, быстрота падения будет различной.



Фиг. 3. Эффективность действия разных форм и доз азота (по Митчерлиху):

Y — урожай; *X* — дозы азота; *K* — коэффициент вредоносности; *A* — азот в виде сульфата аммония; *B, C* — азот в виде селитры; *D* — кривая, показывающая предполагаемое действие повышающихся доз удобрения при условии отсутствия непосредственного вредного действия.

Это видно из приведенной на фиг. 3 кривой с разными формами азотных удобрений, где вред от действия сернокислого аммония начинается раньше, чем от других форм азотных удобрений.

В случае применения дозировок, не вызывающих прямого вредного действия, кривая приобретает сигмоидальную форму, или форму последовательно затухающей кривой.

Получение всех этих однофакторных кривых основано, как указывалось выше, на допущении независимости действия факторов; производилось количественное изменение одного из факторов при допущении «неизменности» остальных. А между тем, всякое изменение одного или нескольких факторов ведет неизбежно к изменению всех остальных факторов и их соотношения друг с другом.

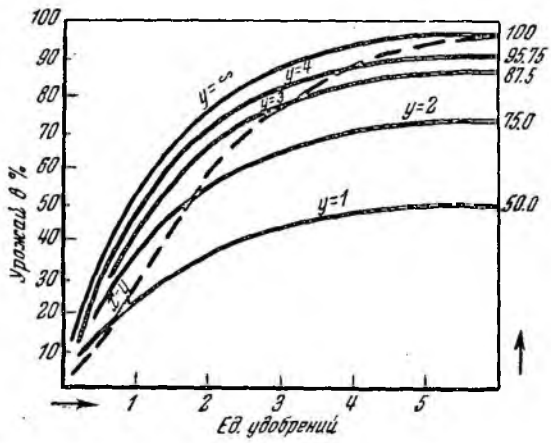
На основании своих работ Митчерлих приходит к заключению, что «закон убывающей доходности» получает подтверждение в этих физиологических исследованиях и «его можно вывести из законов природы».

Некоторыми исследователями еще и до сих пор признается, что данные, полученные Митчерлихом в физиологических опытах, являются, якобы, правильными, и выведенные им потухающие кривые в действии последовательных одинаковых дозировок удобрений и формулированный им «закон» в действительности имеют место. Разделяя искусственно физиологическую часть работ Митчерлиха от его экономических выводов, эти исследователи утверждают, что, якобы, физиологическая часть его работ правильна, а экономические выводы из нее неправильны.

Между тем, если признать правильными эти потухающие кривые в эффективности действия последовательных одинаковых дозировок того или иного удобрения, мы с неизбежностью должны признать в известной степени и вытекающие отсюда выводы экономического характера. Раз мы признаем в качестве закона затухающее действие одинаковых по величине последовательных дозировок того или иного фактора, мы должны будем считать, что эффективность приемов, применяемых в том или ином количественном вы-

ражении для обеспечения растения последовательными одинаковыми прибавками того или иного фактора, будет тоже затухающей. А между тем затухание эффективности последовательных одинаковых прибавок того или иного фактора в указанных условиях опыта (при «неизменности» остальных) является следствием неправильного методологического подхода к изучению действия факторов роста и развития растений и ни в какой степени не может служить доказательством действительного влияния их на рост, развитие и урожай сельскохозяйственных культур.

На ряду с опытами по изучению влияния одинаковых по величине прибавок того или иного фактора при «неизменности» остальных, ряд исследователей делал попытки изучить действие последовательного количественного изменения какого-либо фактора на фоне однократного количественного изменения другого фактора. Такие опыты были проведены фон-Зеельхорстом и Туккером с овсом при изменении влажности и количества вносимых азотных или фосфатных удобрений, Дж. Росселем — с томатами, также при изменении воды и доз азота и др.



Фиг. 4. Кривые изменения урожая с.-х. растений в зависимости от изменения факторов X и Y (по Митчерлиху).

Сплошные линии обозначают урожай для различных величин Y, когда каждая из них остается постоянной, в то время как X меняется; пунктирная линия обозначает урожай, когда X и Y меняются одновременно.

Из полученных данных следует, что при увеличении количества воды одинаково повышающиеся дозы удобрений (которые при меньшем количестве воды давали более низкий эффект), приводят к увеличению урожая. Однако при известных количествах последних опять-таки наблюдается затухание.

Такие же данные получал и Митчерлих. Результаты таких опытов Митчерлиха изображены условно в виде так называемого «семейства» кривых, где сплошными линиями показано изменение урожая при последовательном количественном изменении испытуемого фактора (X) и однократном изменении другого фактора (Y). Во всех этих случаях, при каждом новом однократном увеличении другого фактора (Y), при тех же последовательных количественных изменениях испытуемого фактора (X), кривая урожая идет вверх. При последовательном одновременном изменении двух факторов (X и Y) кривая получает сигмоидальную форму (точечная линия на фиг. 4).

Подобные кривые зависимости урожая от дозировок удобрения или другого фактора получал и ряд других авторов (Pfeiffer, Briggs, Thilau и др.).

Во всех этих опытах, как с изменением одного фактора, так и с изменением двух факторов, не принимается во внимание взаимосвязь и взаимодействие всех факторов жизни растения. Отсюда, как при однократном изменении одного из факторов и последовательном изменении испытуемого, так и при последовательном совместном изменении двух факторов, кривая урожая после известного подъема приходит к затуханию. Очевидно, во всех этих случаях имеет место ограничивающее влияние других факторов (одного или нескольких), которые при количественном изменении испытуемых (одного или нескольких), в результате взаимодействия с другими, получают недостаточное выражение. Положение так называемых точек минимума, оптимума и максимума в отношении какого-либо фактора яв-

ляется условным и определяется взаимным сочетанием, качественным и количественным выражением всех факторов жизни растения. Граница, с которой начинается вредное действие того или иного фактора, так же, как и известного сочетания их, тоже не является постоянной. В зависимости от сочетания факторов жизни растений, от степени обеспечения потребностей растений одновременно во всех факторах, положение этой точки будет меняться.

Таким образом, более чем столетний период работы в области изучения взаимоотношений растений с факторами их роста и развития не привел к правильным теоретическим обобщениям. В результате этих работ не было дано правильного понимания взаимодействия растения со средой.

Весь предшествующий период характеризуется исключительным господством аналитического метода в исследовательской работе. Он был необходим для изучения частностей в явлениях и процессах; он дал возможность для изучения этих частностей «изъять их из их естественной или исторической связи и рассматривая каждую в отдельности, исследовать ее свойства, ее частные причины действия и т. д.» (Энгельс).[1]

Однако господство аналитического метода исследования создало привычку брать предметы и явления природы в их обособленности, вне их взаимосвязи и взаимозависимости, статически. Так, Энгельс писал: «Но тот же способ изучения оставил в нас привычку рассматривать предметы и явления природы в их обособленности, вне их великой общей связи, и в силу этого — не в движении, а в неподвижном состоянии, не как изменяющиеся существенным образом, а как вечно неизменные, не живыми, а мертвыми»...

...«Это мировоззрение создало характерную ограниченность последних столетий — метафизический способ мышления» (Энгельс).[2]

Исключительное господство аналитического метода, кроме лабораторных исследований, имело место в полевом опыте. Те или иные приемы или количественные изменения их изучались только на фоне неизменности остальных. Не удивительно, что результатом было получение на опытных станциях таких «рекордов», как 25—30 ц/га зерновых, 250—300 ц/га свеклы, 16—20 ц/га хлопка и т. д.

И когда стахановцы социалистического земледелия, ломая установленные в агрономии традиции, нормы, «теории», стали давать стране 500, 750, 1410 ц/га свеклы; 50, 100, 150 ц/га хлопка; 60, 80, 101 ц/га яровой пшеницы, — люди, воспитанные сами и воспитавшие других на таких «теориях», оказались беспомощными, не могли объяснить и понять условия получения стахановцами рекордных урожаев сельскохозяйственных культур. Это ярко вскрылось в дискуссии, имевшей место в советской печати по севооборотам.

Привычка сводить сложное к простому без учета взаимосвязи и взаимозависимости в протекающих процессах и явлениях, привычная схема аналитического мышления без попытки дать синтез, привели к тому, что многие из исследователей пытались свести получение стахановцами рекордных урожаев к воздействию на один или (в лучшем случае) на несколько факторов роста и развития растений. Это не только не помогало стахановскому движению, но тормозило его, тянуло назад.

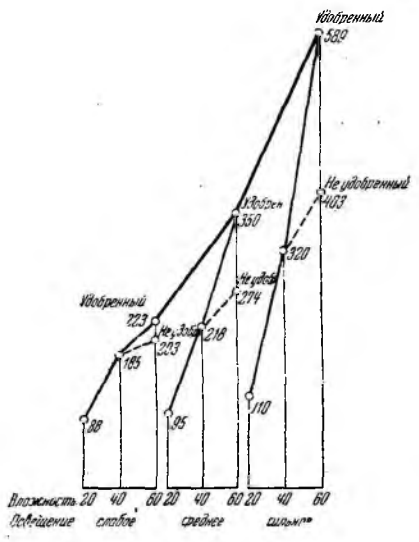
Такие объяснения явились следствием той общей концепции, которая господствовала среди этих ученых, не сумевших подняться над взглядами Либиха и пытавшихся все и во всех случаях свести к исканию «минимума».

Только В. Р. Вильямс сумел правильно понять, критически осмыслить наследие буржуазной агрономической науки и дать правильные теоретические положения по вопросам взаимоотношения растений со средой. Его

[1] Карл Маркс. Избранные произведения. Ф. Энгельс. Развитие социализма от утопии к науке. Партиздат ЦК ВКП(б), 1937, т. I, стр. 116.

[2] Там же.

положение о том, что высокий и устойчивый урожай можно получить при условии обеспечения растения всеми факторами его жизни одновременно и в максимально потребных для него количествах, в соответствии со стадиями развития, явилось действительно той агрономической теорией, которая объясняла получение стахановцами рекордных урожаев и являлась для них «руководством к действию». Данный им диалектический анализ опыта Вольни и установленная им, на основании этого разбора, кривая непрерывного повышения урожаев, при одновременном воздействии на все факторы жизни растений с учетом их взаимосвязи и взаимозависимости, показывает правильный путь к получению высоких и рекордных урожаев (фиг. 5).



Фиг. 5. Изменение высоты урожая при воздействии на три фактора жизни растений (диалектический анализ опыта Э. Вольни).

Из фиг. 5 ясно видно, как при увеличении и последовательном правильном сочетании факторов жизни растений урожай последовательно повышается. На ней также видно, как при количественном изменении одного из факторов при «неизменности» остальных урожай, достигнув известного «предела», понижается.

Однако, несмотря на простоту и ясность этой действительной теории взаимодействия факторов роста и развития растений, до последнего времени имеют место попытки опровергнуть ее и вернуть нас на позиции Либиха и Митчерлиха в понимании этих явлений.

Об этом как нельзя лучше свидетельствует недавняя дискуссия, связанная с вопросами введения правильных севооборотов. Указывали при этом, что кривая непрерывного повышения урожаев, о которой говорит В. Р. Вильямс, выражает собою последовательное повышение урожаев во времени, а не в пространстве, на отдельных участках. Забывают при этом, что признание затухающей кривой урожая в пространстве на отдельных участках, как объективно действующего закона, есть признание действия этого закона во времени.

Ведь если признать эту пространственную затухающую кривую в качестве закона, то это будет означать, что достигаемое во времени, хотя и при меньших экономических затратах, в связи с изменением уровня развития производительных сил, увеличение факторов жизни растений, все же с физиологической стороны будет вести к понижению эффективности каждой последовательно равной количественно прибавки фактора. А между тем эти пространственные затухающие кривые, как результат затухания эффективности последующей одинаковой прибавки фактора, есть не что иное, как пример неправильного, метафизического подхода к изучению факторов, когда на фоне «неизменности» всех количественно изменяется один или несколько факторов.

Эти исследователи указывают, что при воздействии на факторы жизни растений на отдельных участках (имеются в виду одинаковые по плодородию) будет иметь место затухающая кривая в урожае. При этом ссылаются опять-таки на пресловутые «исследования» Митчерлиха, где даже в «семействе» кривых имеет место затухание в урожае при воздействии на два фактора роста и развития растений. Забывают или не хотят при этом по-

нять, что так же, как и в случае «однофакторной кривой», здесь имеет место попытка того же изолированного, независимо от других факторов, изучения действия количественного изменения изучаемого фактора на повышение урожая.

Опыты с получением этого «семейства кривых» были проведены на той же неправильной методологической основе, как и опыты с «однофакторными» кривыми. Ничего принципиально не изменилось, когда на однократно изменяемом основном фоне (в отношении какого-либо одного или нескольких факторов) изучалось действие количественного изменения другого фактора, т. к. основной фон всех остальных факторов менялся в отношении какого-либо одного или нескольких испытуемых факторов не непрерывно в соответствии с каждым количественным изменением этого изучаемого фактора. Он оставался «неизменным» для каждого нового количественного изменения фактора. Вот почему каждый раз, когда на новом «основании», на новом «агротехническом фоне» испытывалось количественное изменение какого-либо изучаемого фактора (отдельных элементов пищи или других факторов), при достижении известного количественного выражения этого фактора имело место понижение урожая. Это понижение урожая происходило потому, что дальнейшее количественное изменение испытуемого фактора вызывало нарушение правильного, необходимого для растений взаимоотношения между испытуемым и остальными факторами их роста и развития.

«Семейство» этих затухающих кривых является следствием той же порочности в методе решения вопроса, когда при изменении одного из факторов остальные не меняются в предположении, что они остаются «неизменными».

Нельзя при этом связывать с этими пространственными затухающими кривыми невозможность технически в данный момент, с достаточной степенью экономической эффективности, действовать на некоторые другие факторы в целях приведения их в необходимое соответствие с каждым новым количественным изменением одного из факторов для получения наиболее благоприятного сочетания всех факторов.

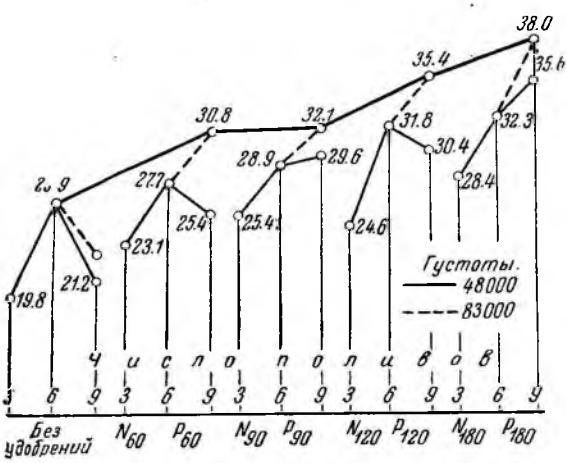
Невозможное технически сегодня — завтра становится вполне возможным и экономически целесообразным. Однако, признавая эти пространственные потухающие кривые (представляющие, по существу, результат неправильного методологического подхода к изучению действия факторов), как выражающие «закон», мы, очевидно, и во времени (получая экономически возможность действовать с меньшими затратами на фактор) будем сталкиваться с действием этого «закона». А, между тем, ни о каком «физиологическом законе», даже ни о какой тенденции этого закона, как указывал Ленин, не может быть речи.

В самом наличии «семейства» кривых (а не одной кривой) уже показана возможность непрерывного роста урожаев. Надо было бы только в те моменты, когда каждая кривая из этого «семейства» начинает опускаться книзу, изменить соотношение испытуемого фактора с остальными, и кривая урожая поднялась бы дальше кверху. При следующем падении урожая необходимо опять изменить качественное и количественное выражение и соотношение факторов. Конечно, это исключительно сложная задача. Найти правильные взаимоотношения при каждом новом количественном или качественном изменении одного из испытуемых факторов со всеми остальными факторами при современном состоянии науки представляется во сто крат труднее, чем, изменив один (или несколько) из факторов в основании (как фон), на нем (как «неизменном») изучать количественные изменения другого фактора и получать эти потухающие кривые.

Положение В. Р. Вильямса о том, что при правильном воздействии на все факторы жизни растений можно непрерывно повышать урожай сельскохозяйственных культур, подтверждается опытами не только в вегетацион-

ных сосудах, но и в полевых условиях. В опыте, проведенном на Ак-Кавакской опытной станции В. В. Полторацким, изучалось взаимодействие таких приемов, как число поливов, дозы удобрений и нормы посева для хлопчатника. Результаты этого опыта представлены кривой, показанной на фиг. 6.

Из нее ясно видно взаимодействие взятых приемов в количественном и качественном отношении и влияние правильно взятых комплексов приемов на повышение урожая хлопка. Повышение числа поливов без одновременного увеличения элементов пищи путем внесения удобрений приводит к понижению урожаев. Однако увеличение количества элементов пищи при одновременном увеличении числа поливов ведет к повышению урожаев. Для каждого данного сочетания наличия воды и пищи имеется и своя лучшая норма посева. Малая норма посева при большом количестве воды и элементов питания тормозит получение высокого урожая так же, как и чрезмерно высокая норма посева при малых запасах воды и элементов питания снижает урожай.



Фиг. 6. Совместное влияние поливов, удобрений и норм посева на урожай хлопчатника (в ц/га).

Прекрасное опровержение попыток Митчерлиха доказать затухание эффективности последовательных дозировок удобрений можно найти у наших стахановцев.

Правильно комплексируя агротехнические приемы и добиваясь тем самым обеспечения растения одновременно всеми факторами в необходимом количественном и качественном выражении, стахановцы получали от каждой одинаковой последующей дозы удобрений не понижение, а повышение эффекта.

Из данных, собранных А. П. Шурыгиным по стахановским звеньям со свеклой в колхозах Курской области, следует, что эффективность удобрений в целом и эффективность последовательных одинаковых дозировок зависит от уровня агротехники, определяющей степень обеспеченности растения другими факторами их жизни. Это видно из приводимой табл. 1.

Из табл. 1 видно, что одинаковые дозы удобрений при повышении уровня агротехники (увеличение числа междурядных рыхлений, лучшая и своевременная шаровка, лучшее распределение и соответствующее увеличение количества растений на единицу площади и т. д.), т. е. при лучшем обеспечении растения одновременно всеми другими факторами, дают разный эффект.

Так, в звене Овчаровой колхоза им. Энгельса Прохоровского района при дозировках N, P и K даже несколько более высоких получен урожай свеклы значительно ниже (368 ц/га), чем в звене Амельчинниковой колхоза «Красная Новь» того же района (493 ц/га). Почвенные условия в обоих случаях одинаковы.

По звеньям колхозов им. Сталина и «Новый Свет» Глушковского района почвы были разные. При дозировках около 70 кг N, от 101 до 113 кг P и при некотором различии в количестве калия получен был разный урожай. При этом в звене колхоза им. Сталина, применившем бо́льшее количество

Таблица 1

Возрастание урожая сахарной свеклы в связи с повышением уровня агротехники и с возрастанием дозировок органо-минеральных удобрений в плакорных условиях на мощных и слабо выщелоченных черноземах Курской области

(по А. П. Шурыгину)

Колхоз/звено	Дозы удобрений, выраженные в действующем начале в кг/га			Урожай при различном уровне агротехники в ц/га			Почвы
	N	P	K	средний уровень	повышенный уровень	высокий уровень	
Колхоз им. Сталина Глушковского р-на	70 (49)	101 (28)	165 (62)	216	—	—	Слабо выщелоченный чернозем
Колхоз «Н. Свет» Глушковского р-на	71 (20)	113 (9)	107 (24)	—	350	—	Мощный чернозем
Звено Овчаровой, колхоз им. Энгельса Прохор. р-на	276(177)	214 (71)	294(212)	368	—	—	Слабо выщелоченный чернозем
Звено Амельчинниковой, колхоз «Кр. Новь» Прохор. р-на	217(158)	207 (66)	246 (96)	—	493	—	Слабо выщелоченный чернозем
Звено Бондаренко, колхоз им. Сталина Глушковского р-на	446(293)	341(113)	608(272)	—	—	961	Слабо выщелоченный чернозем
Звено Чаловой, колхоз «Н. Свет» Глушковского р-на	687(470)	521(123)	727(281)	—	—	1016	Мощный чернозем

Примечание. Показатели в скобках обозначают количество элемента, применяемого в виде органического удобрения.

калия при одинаковых дозах азота и фосфора, получен был урожай значительно ниже (216 ц/га), чем в звене колхоза «Новый Свет», получившем 350 ц/га. Здесь сказались различия агротехники и почвенных условий.

В звене Бондаренко колхоза им. Сталина Глушковского района, при повышении дозировок удобрений, примерно, вдвое по сравнению со звеном Амельчинниковой, при одинаковых почвенных условиях получен и урожай вдвое выше (961 ц/га против 493 ц/га). При этом дозировки удобрений были достаточно высокими (446 кг N, 341 кг P и 608 кг K).

Здесь, как видно, благодаря применению правильного комплекса агротехнических приемов, никакое затухание в эффективности даже таких высоких дозировок удобрений не имело места.

В то же время в звене Чаловой — колхоза «Новый Свет», Глушковского района, — при дальнейшем повышении дозы удобрений, хотя и был получен значительный скачок в урожае, однако, несомненно, общее улучшение агротехники здесь не было достаточным для проявления действительной эффективности внесенных удобрений. Здесь сказалось ограничивающее влияние недостатка других факторов роста и развития растений.

Таким образом, при правильном сочетании агротехнических приемов в количественном и качественном выражении, обеспечивающем растение всеми необходимыми условиями их развития одновременно, никакое затухание эффективности от увеличения дозировок одного или нескольких факторов иметь места не будет. Конечно, здесь речь идет о дозировках,

которые не будут вызывать прямого вреда от избыточной концентрации элементов питания или избытка другого фактора.

В решении задачи удовлетворения потребности растений во всех факторах их жизни одновременно и в максимально потребных количествах стахановцы применяли различные сочетания приемов, в зависимости от конкретных природных и хозяйственных условий. Борьба за максимальное накопление и сохранение воды в почве велась путем применения правильной системы обработки почвы (система зяблевой обработки, обработка черных или ранних паров). Для увеличения запаса воды стахановцы, как правило, применяли снегозадержание. Некоторые стахановцы-ефремовцы накапливали на полях слой снега толщиной до двух и более метров. Для предотвращения стока воды при таянии снега проводилось бороздование зяби с образованием клеток, перехватывающих сток воды. Установлено, что лучше всего для этих целей применять глубокое бороздование вспаханной зяби в направлении горизонталей — перпендикулярно падению склона. Кроме сохранения стока, этот прием оказывает значительное влияние на уменьшение водной эрозии почв. Раннее весеннее боронование зяби для сохранения влаги, боронование посевов, систематическое рыхление междурядий в пропашных культурах и поддержание поверхности чистых паров в рыхлом и чистом от сорняков состоянии обеспечивало в комплексе приемов, применяемых стахановцами, сохранение накопленной воды в почве. Широко применяемый прием мульчирования как для льна, так и для зерновых культур, кроме улучшения водного режима, создавал более благоприятные тепловые условия, влияя благоприятно и на темп и характер микробиологических процессов.

Создание и регулирование благоприятного пищевого режима для растений достигалось внесением основного удобрения и подкормок. Последний прием, как известно, широко внедрен в практику соц. производства, как результат стахановской агротехники.

Сейчас уже имеется много материалов о наилучших способах подкормки разных культур в соответствии с их биологическими особенностями и природными условиями тех или иных районов.

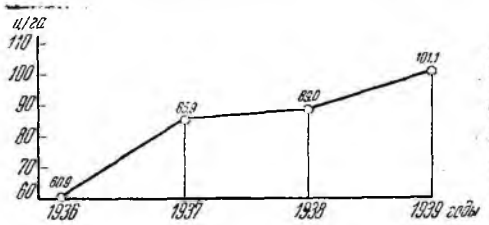
Улучшение светового режима достигалось путем лучшего расположения растений по площади. Это, в свою очередь, создавало и лучшие условия для ассимиляции угольной кислоты. Улучшение режима угольной кислоты достигалось, кроме того, и применением значительных количеств органических удобрений, являвшихся источником повышенного выделения ее из почвы в результате микробиологических процессов. Сочетание органических и минеральных удобрений является основой для создания наиболее благоприятного пищевого режима в стахановской агротехнике. Здесь нашло полное подтверждение указание В. Р. Вильямса о необходимости правильного сочетания органических и минеральных удобрений. Стахановцы по свекле, по хлопку и по другим культурам, как правило, сочетали применение органических и минеральных удобрений.

Применение мульчирования, изменяя в благоприятную для растений сторону тепловой режим, способствовало улучшению также и водного и пищевого режимов. Улучшая условия жизни растений, отбирая одновременно наиболее высокого качества посевной материал, стахановцы добивались мощного развития растений.

Поняв необходимость одновременного обеспечения растений всеми факторами их жизни в максимально потребных для них количествах, в свое время указанную В. Р. Вильямсом, они дали невиданные в мире рекорды урожаев ряда культур. Некоторые из них приводятся на фиг. 7, 8, 9 и 10. Самые скачки в урожаях по разным культурам, получаемые разными или теми же стахановцами, подчеркивают эту возможность непрерывного повышения урожаев. Создавая новые, более продуктивные сорта, улучшая максимально

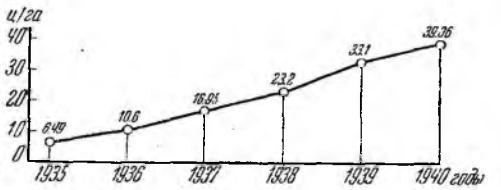
условия развития растений и обеспечивая необходимую защиту для них от вредителей и болезней, мы можем систематически поднимать урожай сельскохозяйственных культур.

Пределом в повышении урожая, как указывали К. А. Тимирязев и В. Р. Вильямс, будет количественный приток энергии солнечного луча. Но ведь растения, как указывал Тимирязев, используют из поглощаемой



Фиг. 7. Кривая рекордных урожаев яровой пшеницы в ц/га за период 1936—1939 гг.

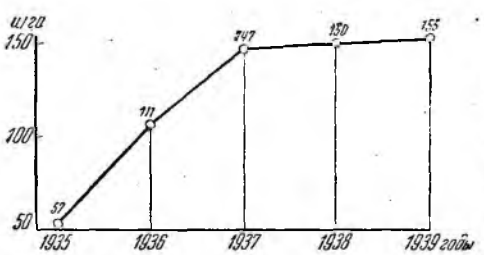
В 1936 г. рекордный урожай получен Ефремовым; в 1937 г. —Чумановым; в 1938 г.— Морозовым и в 1939 г. — Сергеевой. (Алтайский край).



Фиг. 8. Кривая рекордных урожаев льна-волокна в ц/га за период 1935—1940 гг.

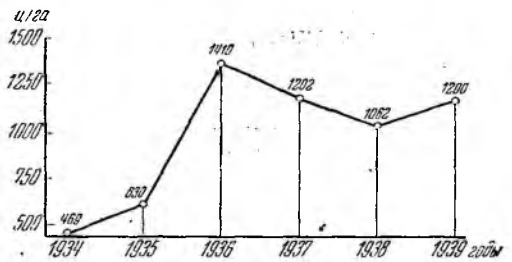
В 1935 г. рекордный урожай получен Молоковым (Калининская обл.); в 1936 г. — Куклиной (Кировская обл.); в 1937 г.— Шамановой (Калининская обл.); в 1938 г.—Дидковской; в 1939 г. —Заглодой и в 1940 г. — Саух (Житомирская обл. УССР).

энергии продуктивно в среднем около 2—3%. Мы не можем рассчитывать, пользуясь растением, использовать продуктивно все 100% поглощаемой растением энергии солнечного луча. Не можем уже хотя бы потому, что, как указывает К. А. Тимирязев, растение при этом должно было бы быть абсолютно черным. Однако коэффициент использования солнечного луча, по мнению К. А. Тимирязева, можно поднять, примерно, до 15%. А это значит, что в пять с лишним раз можно поднять коэффициент использования энергии солнечного луча зеленым растением по сравнению с тем, что мы имеем сейчас. Это, как указал В. Р. Вильямс, — задача селекции растений.



Фиг. 9. Кривая рекордных урожаев хлопка в ц/га за период 1935—1939 гг.

В 1935 г. рекордный урожай получен Юсуповым; в 1936 г.—Рахматовым; в 1937 г.— Табарахимовым (Узбекская ССР); в 1938 г.— Алиевой; в 1939 г. — Алиевой (Азербайджанская ССР).



Фиг. 10. Кривая рекордных урожаев сахарной свеклы за период 1934 — 1939 гг.

В 1934 г. рекордный урожай получен Демченко; в 1935 г. — Кошевой (УССР); в 1936 г. — Утенбергеновым (Казахская ССР); в 1937 г.— Поповым (РСФСР); в 1938 г. — Охотой (УССР); в 1939 г. — Кетишвили (Грузинская ССР).

Стахановцы, в целях лучшего использования притекающей энергии солнечного луча на единицу площади, увеличивают количество растений на единицу площади, улучшают расположение растений на площади. Внедрение рядовых перекрестных посевов, узкорядных, перекрестных узкорядных дает возможность более равномерно распределить растения по сравнению с обычным рядовым способом, а это, в свою очередь, улучшает условия освещения, условия притока и ассимиляции угольной кислоты. В улучшении распределения растений по площади сделаны только первые шаги. Дальнейшее улучшение методов посева, обеспечивающее правильное

распределение растений, отвечающее биологическим особенностям каждой культуры, в зависимости от природных условий (от силы и характера освещения в вегетационный период и в период суток), даст возможность значительно поднять использование солнечного луча. К этому же направлено и увеличение количества растений на единицу площади.

Стахановцы с успехом применяют повышенные нормы посева. Увеличение количества растений на единицу площади явилось одним из решающих условий получения ими рекордных урожаев.

Стахановцы-ефремовцы, в целях увеличения количества растений яровой пшеницы, значительно увеличивали нормы посева. Вместо обычно применяемых в хозяйственных условиях 3—4 миллионов семян на 1 га, стахановцы доводили норму посева до 5—7 миллионов, а в отдельных случаях (Сергеева) до 9 миллионов. Стахановцы по свекле доводили количество растений на 1 га до 100 000 шт. и выше против обычных в хозяйственных условиях 60 000 шт. на 1 га. Такое увеличение количества растений возможно было в результате одновременного увеличения содержания всех необходимых для растений факторов.

Остается неясным вопрос о наиболее рациональном способе увеличения количества растений, способных куститься, в частности злаковых зерновых, на единицу площади. Проф. Скрибо высказал положение, что для получения наибольшего количества наиболее продуктивных растений необходимо добиваться, чтобы из каждого зерна был только один плодоносящий стебель без дополнительных боковых. Это требование обусловливается тем, что каждый из этих боковых стеблей по своей продуктивности будет ниже основного, главного, иначе говоря, — колосья главных стеблей будут более полноценными, чем колосья боковых. С другой стороны, существует мнение, что наиболее высокий урожай можно получить при достаточном кущении зерновых. Указывают, что при благоприятном кущении растений относительный расход на образование боковых стеблей должен быть ниже по сравнению с общим расходом факторов жизни растений на образование такого же количества самостоятельных стеблей, получающихся из каждого зерна. Такая экономия в использовании факторов для боковых стеблей объясняется, по мнению этих авторов, общностью корневой системы, на создание которой для каждого самостоятельного растения с одним главным стеблем потребуется затрата значительного количества факторов жизни растений. Степень кущения тех или иных зерновых зависит от их биологических особенностей. Однако, в зависимости от характера решения вопроса о способе получения наибольшего количества колосоносных стеблей на единицу площади, должны будут решаться и вопросы селекции и агротехники тех или иных зерновых культур.

Различия в требовании к кущению зерновых будут определяться, главным образом, способом посева и почвенно-климатическими условиями того или иного района.

При широкорядных посевах зерновых, когда на сравнительно небольшой, узкой полосе необходимо разместить возможно большее количество стеблей с лучшим использованием световой площади междурядий и объема почвы, приобретает решающее значение увеличение кущения растений. При сплошных посевах с равномерным распределением растений, что достигается лучше в рядовых перекрестных или узкорядных перекрестных, усиленное кущение будет отрицательным моментом.

Широкорядные посевы зерновых лучше подходят для засоренных и бесструктурных почв, где при правильной междурядной обработке и подкормках можно с меньшими затратами труда и средств производства получать высокие урожаи по сравнению со сплошными посевами. Для почв же структурных, незаплывающих и незасоренных, сплошные посевы, при правильном соотношении количества растений с создаваемым для них комплексом

условий их жизни, дадут более высокий урожай при меньших затратах труда и средств производства.

Неправильно и вредно ставить вопрос о норме посева, о количестве растений на единицу площади в отрыве от остальных агротехнических приемов, обеспечивающих растения необходимыми условиями роста, и в частности о способе посева. Стахановцы потому, именно, имели возможность поднять нормы посева, что обеспечивали растения большим количеством воды, элементов пищи и другими факторами по сравнению с обычными хозяйственными посевами и достигали лучшего расположения растений. Имея на единице площади и в единице объема почвы в большем количестве необходимые для растения почвенные и надпочвенные факторы, стахановцы имели возможность дать и большее количество растений, каждое из которых было обеспечено в потребном для него количестве всеми факторами жизни. В этом понимании необходимой взаимосвязи агротехнических приемов — большая заслуга стахановцев. Количественное или качественное изменение одного приема вызывает соответствующее изменение других взаимосвязанных приемов. Это опять-таки вытекает из положения В. Р. Вильямса о взаимосвязи и взаимозависимости всех факторов жизни растений.

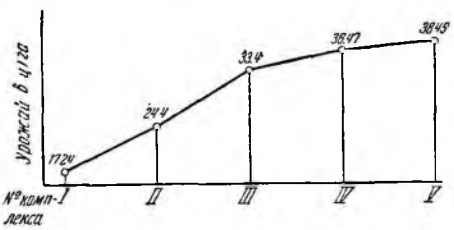
Каждый из агротехнических приемов действует, преимущественно, на изменение одного или нескольких факторов жизни растений. Количественное или качественное изменение одного какого-либо приема или нескольких приемов влечет за собою необходимость изменения других агротехнических приемов, ибо изменение какого-либо фактора с необходимостью должно вызывать изменение других факторов. Увеличение воды в почве, достигаемое тем или иным способом, вызывает необходимость одновременного увеличения элементов пищи для растений. Улучшение пищевого режима влечет за собою необходимость улучшения водного режима. Изменение в световом и температурном режиме соответственно сказывается на водном и пищевом режиме растений. Но если активное регулирование светового и теплового режимов пока еще мало доступно в условиях широкой полевой обстановки, то регулирование водного и пищевого режимов находится в наших руках. Этими путями мы имеем возможность, как это показали стахановцы, достигать невиданных в мире рекордов урожаев сельскохозяйственных культур. И если принять во внимание, что во многих случаях стахановцы агротехническими приемами достигали непосредственно улучшения и других условий жизни растений, как то температурного режима и режима CO_2, улучшения ветрового режима и т. д., то становится ясным, что основные рычаги регулирования жизни растений находятся в наших руках. При этом необходимо отметить, что в разных условиях ведущее значение приобретает воздействие на тот или иной фактор.

Однако уже сейчас возникает необходимость установить, в какой степени создаваемые стахановцами благоприятные условия для жизни растений используются последними с наибольшей продуктивностью. Не отстает ли ассимиляционная способность растений от тех возможностей, которые создаются для растений при благоприятном сочетании всех факторов их роста и развития. Отсюда следует, что работа в направлении повышения продуктивности растения приобретает сейчас исключительное значение. Она должна вестись как в части индивидуального отбора, так и создания новых сортов и видов сельскохозяйственных культур. Особое значение приобретает метод направленного воспитания растений, предложенный акад. Т. Д. Лысенко, и работы по выведению многолетних зерновых и технических культур (Цицин, Державин и др.) Сортоиспытание должно производиться также и на фоне стахановской агротехники. Работы по повышению продуктивности растения в условиях обеспечения максимальных потребностей его во всех факторах жизни вовсе не снимают необходимости подбора и создания сортов сельскохозяйственных культур, максимально приспособленных к неблагоприят-

ным условиям жизни. Освоение новых районов для земледелия на крайнем юго-востоке, востоке и севере СССР ставит эти требования со всей остротой, а разнообразие природных условий требует подбора и создания таких форм и сортов культур, которые часто должны отличаться друг от друга наличием противоположных свойств.

Решениями XVIII съезда ВКП(б) и XVIII партконференции перед страной поставлена основная экономическая задача — догнать в экономическом отношении передовые капиталистические страны. Это значит, что в области агротехники мы должны добиться через короткое время получения среднего урожая, примерно, не ниже такового в капиталистических странах. Для этого должны быть указаны наиболее рациональные пути.

Стахановские рекорды далеко перекрывают средние урожаи передовых капиталистических стран. Задача широкого внедрения опыта стахановцев в сельское хозяйство должна сочетаться одновременно с работой по выяснению наиболее рационального комплекса агротехнических мероприятий для получения высоких и рекордных урожаев, обеспечивающего получение их при меньших затратах труда и средств производства. В зависимости от природных условий и хозяйственной обстановки, ведущее значение приобретает воздействие на тот или иной фактор жизни растения при одновременном обеспечении максимальных потребностей в остальных факторах.



Фиг. 11. Кривая последовательного повышения урожаев озимой пшеницы при применении различных комплексов агромероприятий (Миллеровская МТС, Ростовской обл.).

В решении вопросов об изыскании наиболее рациональных приемов агротехники и их комплексов имеет исключительное значение правильное сочетание анализа и синтеза.

Отрицание значения синтеза в полевом опыте вытекает из непонимания того обстоятельства, что один и тот же прием при разных сочетаниях с другими приемами будет давать различный эффект. Правильное сочетание приемов, обусловливающее обеспечение растения одновременно всеми необходимыми факторами, дает не простое сложение прибавок от отдельно взятых приемов, а новое качество и новый скачок в росте урожая.

Это видно из опыта, проведенного под нашим руководством в 1937 г. научным сотрудником ВИУАА т. Чесалиным в Миллеровской травопольной МТС Ростовской области на южном черноземе. Были взяты следующие сочетания приемов: 1) снегозадержание, 2) снегозадержание + подкормка, 3) снегозадержание + навоз (в качестве основного удобрения) + подкормка, 4) снегозадержание + подкормка + мульча, 5) снегозадержание + навоз + подкормка + мульча.

Опыт был поставлен на озимой пшенице, посеянной осенью 1936 г. по раннему чистому пару с внесением и без внесения навоза в количестве 10 т/га. Результаты учета урожая по опыту приводятся в табл. 2.

Если представить результаты повышения урожая при различных комплексах диаграммой, мы будем иметь кривую, последовательно повышающуюся, как это представлено на фиг. 11.

Как видно из кривой (фиг. 11), последовательное комплексирование приемов, обеспечивающее растение лучшим сочетанием и количественным выражением всех факторов его жизни, дает последовательное повышение урожая. Нужно при этом иметь в виду, что в опыте не было дано разного количественного выражения снегозадержания и разного обеспечения растений удобрениями. При этом на фоне разного количественного выражения воды и элементов пищи должно было бы быть дано разное количество расте-

Таблица 2

Урожай озимой пшеницы и его структура

Наименование вариантов	Урожай в ц/га	Урожай в % от делянки № 5	Высота растений в см				Среднее число зерен в 1 колосе	Вес 1000 зерен
			3/V	25/V	10/V	во время уборки		
Делянка № 1: 1) навоз 10 т в пару, 2) снегозадержание, 3) подкормка N_{30} P_{45} K_{30}, 4) слой мульчи 2.5 см, 5) весеннее боронование	38.45	222	30.3	41.5	67/7.5[1]	106	34	35.91
Делянка № 2 то же, что делянка № 1, но без мульчи	36.47	211	27.2	39.4	64/6.8	103	32	33.91
Делянка № 3 то же, что делянка № 1, но без навоза	33.40	193	25.4	37.7	64/6.5	103	31	32.22
Делянка № 4 то же, что делянка № 1, но без мульчи и без навоза	24.40	135	23.8	38.0	59/5.7	100	30	31.21
Делянка № 5 то же, что делянка № 1, но без навоза, без мульчи и без подкормки	17.24	100	21.3	32.4	51/5.2	99	29	28.72

ний на единицу площади при наилучших способах их распределения. Если при этом одновременно еще испытать различные сорта, то можно найти наиболее благоприятное количественное выражение и сочетание приемов (и такой сорт), которое дает наиболее высокий урожай при меньших затратах труда и средств производства.

Как видно из данных, наиболее высокий урожай был получен при сочетании всех намеченных приемов.

Если из более сложного комплекса последовательно исключить отдельные приемы, мы можем установить относительное значение как отдельного приема при разном сочетании с другими приемами, так и их сочетаний. Так, исключение мульчи снизило урожай на 2 ц. Исключение навоза из этого комплекса привело к снижению урожая на 5 ц. Одновременное исключение двух этих мероприятий дало снижение, равное не сумме уменьшения урожая от этих двух приемов, исключаемых отдельно (7 ц), а значительно большее (12 ц). Исключение из комплекса подкормки без мульчи и навоза дало значительное снижение урожая (7 ц). Если сложить отдельные прибавки, падающие на тот или иной прием при его исключении (14 ц), и прибавить сумму их к урожаю исходного комплекса приемов (17.24 ц/га), то полученная величина будет меньше (32.24 ц/га) фактически полученного урожая 38.45 ц/га). То же можно установить и при рассмотрении величин прибавок от раздельно применяемых приемов и комплексном их применении в опытах Полторацкого, Белоножко и ряда других исследователей.

Однако скачок в урожае, превышающий сумму прибавок от отдельных приемов, будет иметь место лишь при правильном комплексе приемов, когда составляющие комплекс приемы будут взаимно усиливать друг друга в целом, улучшая выражение всех факторов жизни для растений.

Результатом такого влияния правильно осуществленного комплекса служит то, что количество труда, затрачиваемого для получения высоких и рекордных урожаев стахановцами на единицу продукции, относительно ниже, чем в обычных хозяйственных посевах.

[1] В знаменателе длина колоса в см.

При общем увеличении затрат труда и средств производства на стахановских участках на одинаковой площади по сравнению с нестахановскими, рост получаемой продукции значительно выше роста затрат труда и средств производства. Установлено, что при увеличении затрат труда и средств производства у стахановских звеньев по хлопку в $1^1/_2$—2 раза по сравнению с нестахановскими урожай хлопка соответственно увеличился у них в 2—3 раза, т. е. оплата единицы труда в получаемой продукции у стахановских звеньев значительно выше.

У стахановских звеньев по свекле имеют место такие же соотношения между дополнительным количеством труда и средств производства и получаемым увеличением продукции по сравнению с нестахановскими звеньями.

Интересный материал по себестоимости урожая зерновых на стахановских и нестахановских аггрегатах получен по Лагернскому молмясосовхозу Башкирской АССР. По стахановскому аггрегату Мунасова общее количество затрат на 1 га посева овса составляло 309 руб. 72 коп., а на общехозяйственных участках — 192 руб. 00 коп. Но себестоимость 1 ц овса на стахановском участке выразилась в 13 руб. 60 коп., а себестоимость на общехозяйственных участках — 17 руб. 45 коп.

По ефремовскому аггрегату Истомина в том же совхозе общие затраты на 1 га посева пшеницы выразились в 336 руб. 08 коп., а на общехозяйственных посевах—188 руб. 29 коп. Себестоимость же 1 ц пшеницы по аггрегату Истомина составила 12 руб. 00 коп., а на общехозяйственных — 18 руб. 80 коп. В последнем случае разница в пользу ефремовского звена на 1 ц пшеницы выразилась в 6 руб. 80 коп., что на 1 га составляло условной прибыли 190 руб. 40 коп.

При лучшем сочетании приемов, обеспечивающем растение всеми факторами их жизни одновременно, при более благоприятном количественном и качественном выражении их этот эффект будет повышаться.

При этом надо иметь в виду, что в зависимости от того, в каком сочетании находится прием, прибавление его или выключение из комплекса будет оказывать различное влияние на урожай.

Создание более благоприятной среды при правильном сочетании приемов дает не только скачок в урожае, но изменяет и его качество. Так, абсолютный вес семян, как видно из табл. 2, колеблется при разных сочетаниях агротехнических приемов от 35.91 г до 28.72 г. При разном сочетании приемов значительные изменения имели место и в количестве зерен в колосе по разным агротехническим комплексам.

Имеющиеся данные о повышении урожайности растений из семян, полученных в более благоприятных условиях, показывают, что под влиянием улучшения среды происходят более глубокие изменения свойств растения. Даже при одинаковом абсолютном весе семян (и их размере и объеме) от семян, выращенных в более благоприятных условиях, получается более высокий урожай.

Правильное сочетание анализа и синтеза в разработке наиболее рационального комплекса мероприятий получения рекордных урожаев имеет решающее значение.

Нельзя здесь сводить дело только к аналитическому расчленению. Разные приемы, в зависимости от сочетания их с другими приемами, дают различный эффект. Один и тот же прием при разном сочетании с другими приемами дает различный результат. Нет необходимости брать для сочетания и расчленения большое количество приемов. Очевидно, что приемы и мероприятия, уже апробированные в работе опытных учреждений, стахановцев и широкой практикой социалистического земледелия, нет необходимости изучать. Применительно к природным и хозяйственным условиям района, на основе уже имеющихся достижений опытных учреждений и практики стахановцев, должны быть установлены комплексы агротехнических мero-

приятий, обеспечивающие получение урожая, значительно превосходящего среднерайонный. На основе этого «фона» необходимо изучать новые или недостаточно апробированные приемы, путем разного сочетания и аналитического расчленения устанавливая наиболее эффективные комплексы.

Наиболее сложное в этом вопросе — это установление необходимых количественных изменений приемов, взаимосвязанных в своем действии. Увеличивая нормы или число поливов, или их распределение во времени, надо одновременно изменять приемы и нормы удобрений. Добиваясь большего накопления снега, одновременно нужно установить и более благоприятные нормы удобрений, а улучшение водного и пищевого режимов требует увеличения нормы, изменения способа и сроков посева и т. д. Увеличивая глубину обработки почвы, надо изменять снабжение растений элементами пищи. Установлено, например, что разное углубление пахотного слоя на дерново-подзолистых почвах, проводимое при одной дозе удобрения, ведет к понижению эффективности единицы удобрений, а увеличение глубины с одновременным увеличением дозы удобрения при увеличении вовлекаемой прослойки подзолистого горизонта ведет к повышению эффективности единицы удобрений. Это лишний раз показывает абсурдность утверждения Апсиста (J. Apsist), что эффект от углубления пахотного слоя, якобы, подчиняется установленному Митчерлихом «закону действия факторов роста», т. е. «закону потухающей кривой».

Применительно к различным природным условиям, наиболее рациональный комплекс агротехнических приемов получения рекордных урожаев будет различным. Высота рекордов урожаев сельскохозяйственных культур и их оценка должны меняться в зависимости от района. Эти рекорды должны получаться в типичных условиях (почвы, рельефа и т. д.) для данного района. Они должны показывать лучшие пути повышения урожаев для совхозов и колхозов в условиях района.

В разработке комплекса агротехнических мероприятий для получения высоких и рекордных урожаев должны принимать участие сами стахановцы. При этом, однако, нельзя ограничиваться установлением одного какого-либо сочетания приемов, что имело место в работе опытных учреждений, связывавшихся со стахановцами. Сравнение разных комплексов друг с другом позволит выбрать хозяйственно наиболее рациональный из них.

Научно-исследовательские учреждения для района своей деятельности, применительно к природным и хозяйственным условиям, должны дать практике социалистического земледелия эти наиболее рациональные комплексы агротехнических мероприятий для получения наиболее высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Пора научным учреждениям стать действительно во главе стахановского движения, вооружить стахановцев передовой теорией. На этом участке дело обстоит явно неблагополучно. Если раньше в работе опытных учреждений по этому вопросу имело место простое копирование того, что делали стахановцы, то сейчас имеются попытки начать пока еще изучать и разрабатывать «методику» для изучения методов стахановцев.

Если учесть, что стахановцы ежегодно дают все новые и новые рекорды, нетрудно понять, что при таких подходах и темпах опытных учреждений в деле изучения и обобщения опыта стахановцев последние, видимо, никогда не сумеют воспользоваться плодами трудов опытных учреждений для облегчения своей борьбы за новые рекорды. А ведь эти рекорды надо получать с меньшими затратами при правильной организации труда и средств производства.

Разработка и внедрение наиболее рационального комплекса агротехнических приемов для получения высоких и рекордных урожаев той или иной культуры применительно к конкретным условиям, составляет, однако, только часть работы по получению таких урожаев. Нам нужно получать

высокие и устойчивые урожаи на больших просторах всех колхозов и совхозов с возможно меньшими затратами при правильной организации труда и средств производства.

Комплекс агротехнических приемов, разработанный применительно к той или иной культуре для данного конкретного участка, будет иметь локальное значение. Роль его будет ограничена более или менее определенным участком. Мы же должны подчинить своему влиянию и научиться регулировать водный и пищевой режим и другие условия жизни растений на больших просторах социалистического земледелия.

Для решения этой задачи необходимо быстрейшее внедрение правильной системы агротехнических мероприятий, охватывающей значительные территории. В такой системе агротехнических мероприятий должно быть обеспечено наиболее активное воздействие на природные процессы с целью создания и регулирования необходимых для жизни растений условий с меньшими затратами при правильной организации труда и средств производства.

Из существующих систем агротехнических мероприятий по повышению урожайности наиболее рациональной является разработанная академиком В. Р. Вильямсом травопольная система земледелия.

Состоя из ряда мероприятий (системы правильных травопольных севооборотов, системы обработки почвы, системы удобрений и ухода за сельскохозяйственными культурами), как взаимосвязанных звеньев при правильном распределении деревянистой и травянистой растительности и правильной агротехнической организации территории, эта система агротехнических мероприятий внедряется на основе государственного планового задания. Конкретизируемая применительно к природным и хозяйственным условиям различных районов, она обеспечивает возможность создания благоприятного водного, пищевого, воздушного и ветрового режимов на широких просторах социалистического сельскохозяйственного производства с наименьшими затратами труда и средств производства.

Решение XVIII Съезда ВКП(б) о внедрении севооборотов с черными парами и травосеянием, ряд постановлений Партии и Правительства о правильных севооборотах по различным зонам СССР создали необходимые предпосылки для последовательного внедрения этой наиболее рациональной системы агротехнических мероприятий по повышению урожайности в колхозах и совхозах.

Дальнейшая разработка и внедрение на фоне травопольной системы земледелия наиболее рациональных комплексов приемов применительно к особенностям той или иной культуры и условиям территорий, и уплотнение культур во времени и в пространстве при одновременном повышении их продуктивности обеспечат возможность получения все возрастающих урожаев на широких просторах наших колхозов и совхозов при максимально возрастающей производительности труда.

Г. Р. ЭЙТИНГЕН
КАФЕДРА ЛЕСОВОДСТВА ТСХА

ЛЕСОАГРАРНАЯ ПРОБЛЕМА В УЧЕНИИ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

Защита степных посевов от губительных суховеев и уменьшение потерь влаги на полях путем лесоразведения по водоразделам, перевалам и открытым местам — такова была основная задача знаменитой экспедиции проф. В. В. Докучаева, вызванной тяжким неурожаем, постигшим нашу страну в 1891 г. На ряду с этим в задачи экспедиции входила посадка леса на неудобных землях, песках, каменистых, известковых и солончаковых землях, по балкам, водохранилищам, оврагам, берегам рек. Конечною задачею экспедиции было установление в подлежащих обследованию районах правильного соотношения между отдельными категориями площадей сельскохозяйственного пользования.

Эта задача в условиях капиталистического сельского хозяйства не могла быть разрешена. Она была поставлена во всей своей широте, как одна из основных задач социалистического земледелия, и была разрешена и воплощается ныне в жизнь благодаря трудам акад. В. Р. Вильямса. Лесные площади составляют нераздельную часть земельной территории, их плановое размещение на этой территории представляет крупнейшую задачу реконструкции сельского хозяйства, задачу, разрешение которой должно способствовать подъему сельскохозяйственной науки, направленной к получению сталинских 8 миллиардов пудов хлеба в год.

Лесоаграрная проблема, поставленная акад. В. Р. Вильямсом, определила и пути лесного хозяйства в нашей стране, и пути использования сельскохозяйственных земель для лесоразведения, и способы агрономического использования земель, подвергшихся защитному лесоразведению. Неустанной работой в этом направлении акад. В. Р. Вильямс в значительной мере определил и ход законодательной и производственной работы в этих разделах лесного и сельского хозяйства.

Цель лесного хозяйства в Советском Союзе, обнимающего все работы от выращивания посадочного материала до срубки спелого леса, определяется общими задачами социалистического строительства. В соответствии с этим Конституция СССР гласит, что «земля, ее недра, леса являются государственной собственностью, т. е. всенародным достоянием». Как всенародное достояние, леса Советского Союза используются в многообразных целях, которые заключаются в обеспечении народного хозяйства различного рода сырьем, в улучшении климата путем использования защитного, агрономического значения леса и, наконец, использовании его, как санитарно-гигиенического фактора, улучшающего условия труда и отдыха граждан СССР.

В государственном лесном фонде СССР леса промышленного значения установлены, как особая категория лесов, постановлением СНК СССР об организации лесного хозяйства в июне 1931 г. В январе 1932 г. учрежден Народный комиссариат лесной промышленности СССР, в ведение которого

и переданы леса промышленного значения. В ведении органов лесной промышленности состоит общая лесная площадь в 685 млн. га (на 1 января 1938 г). В этом числе покрытая лесом площадь составляет 465 млн. га, вся же остальная площадь в 220 млн. га является открытой и занята необлесившимися лесосеками, гарями, пустырями, составляющими значительный резерв для различного рода сельскохозяйственного использования.

В лесах промышленного значения разрешение вопросов лесоаграрной проблемы должно пойти путем расширения сельхозяйственных площадей в наиболее лесистых районах, где это расширение послужит к увеличению выращиваемых на месте пищевых продуктов, увеличению кормовой базы для создания фуражных ресурсов и привлечению рабочей силы. Это расширение сельскохозяйственных площадей возможно как путем передачи в земельный фонд для сельскохозяйственных нужд земель лесного фонда, так и путем организации более или менее длительного сельскохозяйственного пользования на значительной площади лесосек и огромной площади вырубок прежних лет, гарей, полян и т. п. открытых площадей.

В июле 1931 г. в постановлении СНК Союза ССР было дано указание на народнохозяйственное значение живого леса, леса растущего, являющегося необходимой частью сельскохозяйственной территории и обусловливающего регулирование климата и водного режима окружающей местности в благоприятном для сельского хозяйства направлении. Эта агротехническая роль леса побудила широко развернуть лесокультурные мероприятия в засушливых районах, страдающих от недостатка лесных площадей. Все леса, имеющие различное защитное значение, составляют зону лесов лесокультурного значения и находились полностью в ведении земельных органов до июля 1936 г. Кроме лесов государственного значения, в ведение земельных органов для нужд колхозного населения и небольших населенных пунктов были переданы леса местного значения, составляющие на 1 января 1938 г. 118 млн. га, в том числе покрытых лесом площадей 85 млн. га.

Постановлением ЦИК и СНК Союза ССР от 2 июля 1936 г., в виду особого значения лесов в деле регулирования водного режима рек и предохранения их от обмеления, выделена водоохранная зона, в которую включены все лесные массивы, расположенные в бассейнах рек Волги, Дона, Днепра, Урала и верхнего течения Западной Двины со всеми их притоками. Граница водоохранной зоны установлена по водоразделам бассейнов этих рек, и все лесные массивы в этих границах включены в площадь этой зоны. Общая площадь лесов водоохранной зоны составляет, после присоединения к ней лесов западных областей Украинской и Белорусской ССР, 71.3 млн. га, в том числе около 64.1 млн. га площади, покрытой лесом. В водоохранной зоне вдоль течения рек выделяются полосы общей площадью 16 млн. га, имеющие значение запретных полос. В запретных полосах воспрещается сплошная рубка леса и допускается лишь вырубка отдельных деревьев, направленная к улучшению состояния леса (рубки ухода за лесом и санитарная рубка).

Запретные полосы, в зависимости от нахождения их вдоль течения рек, имеют различную ширину: 20 км по обе стороны реки в верхних течениях, 6 км в среднем течении и 4 км в нижнем течении. В остальной части лесных массивов водоохранной зоны, т. е. в части, находящейся за пределами запретных полос, вырубка лесов допускается для нужд народного хозяйства не свыше среднего годичного прироста древесины, исчисляемого для каждого хозяйства отдельно. «Из этого постановления, — писала «Правда» в 1936 г. в передовой статье «На охрану лесов и рек», — должны сделать вывод и земельные органы. Оно напоминает о том, с каким вниманием нужно относиться к колхозным лесонасаждениям, как энергично и упорно надо браться за выполнение плана посадок лесозащитных полос, особенно в районах Поволжья и на востоке. Охрана лесов, новые лесонасаждения,

охрана водных источников, культурное ведение всего лесного хозяйства, еще больше усилят мощь нашей страны, приумножат народное богатство».

Широкий объем лесоводственных мероприятий, ограниченный размер рубок в водоохранной зоне и их своеобразный характер вызывают необходимость организации хозяйства в этих лесах, с подчинением их целевым задачам, вытекающим из выдающегося значения живого, растущего леса в развитии водного, сельского и лесного хозяйства страны. Это значение лесов в водном и сельском хозяйстве было предуказано в «Диалектике природы» Ф. Энгельса, который ярко охарактеризовал вредные последствия опустошительных рубок: «Людям, которые в Месопотамии, Греции, Малой Азии и других местах выкорчевывали леса, чтобы добыть таким путем пахотную землю, и не снилось, что они этим положили начало нынешнему опустошению этих стран, лишив их вместе с лесами центров собирания и хранения влаги. Когда альпийские итальянцы вырубили на южном склоне гор хвойные леса, так заботливо охраняемые на северном, они не предвидели, что этим подрезывают корни скотоводства в их области; еще меньше они предвидели, что этим лишают свои горные источники воды на большую часть года, с тем еще эффектом, что тем более бешеные потоки они будут изливать в долину в период дождей».[1]

Отношение к вопросу о выделении водоохранных лесов в царской России ясно выступает из решений по ходатайствам крестьянских обществ о признании отдельных лесных площадей водоохранными, а потому подлежащими сохранению. Так, в 1889 г. по этому вопросу было напечатано следующее разъяснение: «Желательно, чтобы лесоохранительные комитеты действовали крайне осторожно в вопросах признания лесов защитными и особенно о признании их подлежащими сбережению для охранения верховьев и источков рек и их притоков. Слишком широкое толкование нового закона в этих пунктах может нанести лесной собственности значительные и ничем не вознаградимые убытки». Это разъяснение было дано в ответ на прошения сельского общества о признании соседнего леса, принадлежащего одному землевладельцу, подлежащим сохранению, так как в этом лесу находится источник реки, протекающей по их деревне.

К. А. Тимирязев высоко ценил водоохранное значение лесов. Считая, что это — проблема капитальной важности, К. А. Тимирязев в своей книге «Насущные задачи современного естествознания» возмущался поверхностным, ненаучным отношением к ней некоторых представителей нашей науки в 70-х годах прошлого столетия.

Прошло полстолетия, и вопрос этот в условиях царской России не получал ни научного, ни государственного разрешения. Наступила Октябрьская Социалистическая Революция, прошли годы напряженной работы В. Р. Вильямса, и в 1938 г. он написал по этому вопросу лаконические слова: «Лес, как могучий регулятор влажности почвы, должен быть непременным компонентом сельскохозяйственных угодий каждого района, каждой области, независимо от климатических и почвенных условий». Слова эти определили роль лесов в организации земельной территории нашей страны.

В малолесных районах ближайшей задачей является улучшение существующих лесных площадей путем проведения лесокультурных работ в соответствии с задачами организации сельскохозяйственной территории и ролью леса в поднятии урожайности полей. Лесоразведение и культура древесных пород на площадях, не находящихся и не бывших под лесом, ставит своей задачей улучшение условий сельскохозяйственной культуры путем одновременного выращивания древесных пород и травянистых растений или же путем культуры леса для сельскохозяйственного освоения земель. Лесоразведение на открытых нелесных площадях называется обычно агро-

[1] К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. XIV, стр. 461.

лесомелиорацией, которая по существу своему является лесоводством в засушливой зоне. Лесоводство в засушливой зоне заключается в проведении работ по устройству лесных полосных насаждений на полях в целях борьбы с засухой, борьбы с водной и ветровой эрозией почвы, для защиты транспорта и ирригационных систем от снежных и песчаных наносов, в работах по хозяйственному использованию песков и оврагов, по облесению склонов для борьбы с силевыми потоками, оползнями и осыпями, в защите водохранилищ от размыва и эрозии.

В малолесных районах должны быть прежде всего улучшены все существующие лесные площади. Все лесокультурные работы должны быть проведены в соответствии с задачами организации сельскохозяйственной территории и ролью леса в поднятии урожайности. Дальнейший подъем зернового хозяйства в колхозах и совхозах восточных районов СССР был предусмотрен СНК Союза ССР и ЦК ВКП(б), именно с учетом роли лесов. «Обязать крайисполкомы и облисполкомы восточных краев и областей, СНК Казахской ССР воспретить вырубку лесов и перелесков, расположенных вокруг полей колхозов и совхозов, имеющих значение, как естественные и лесозащитные полосы», — говорит это постановление (1939 г.).

Выдающееся значение леса как противоэрозионного мероприятия в образных выражениях охарактеризовано Ф. Энгельсом в его «Диалектике природы», где он указывает на разрушительные последствия хищнического отношения к лесу: «Какое было дело испанским плантаторам на Кубе, выжигавшим леса на склонах гор и получившим в золе от пожара удобрение, хватавшее на одно поколение очень доходных кофейных деревьев, какое им было дело до того, что тропические ливни потом смывали беззащитный верхний слой почвы, оставляя после себя обнаженные скалы». [1]

Развитие эрозионных процессов происходит у нас в лесостепной и степной зоне. По отдельным областям смытые и смываемые почвы составляют 15—20%, а в некоторых случаях до 50% используемых земель. Ежегодная величина смыва составляет до 10 т плодородной почвы с га. В Европейской части СССР размывы и развитие эрозионных процессов являются в значительной мере тяжелым следствием бывшего раздробленного крестьянского хозяйства. Яркими словами описывает акад. В. Р. Вильямс этот процесс: «Пали леса, освободилась вода. С ревом несутся с оголенных водоразделов после каждого дождя сильные потоки. Каждой весной в этот «праздник природы» они сносят неисчислимые площади самой плодородной земли. Миллионы нищих распыленных единоличных хозяйств растрачивают последние остатки плодородия своих полей... Вся лесостепь находится в стадии освобождения от леса, в ней в резкой степени сказывается влияние изменения водного режима. Это влияние выражено в форме усиленного размыва» (1930). Советскими учеными за последнее десятилетие разработан вопрос о борьбе с водною и ветровою эрозией почв путем посадки водозадерживающих лесных полос в степи и лесостепи, и эти работы вошли в обязательные агрономические мероприятия колхозов в борьбе за высокий, устойчивый урожай.

В постановлении Совета Народных Комиссаров Союза ССР в марте 1941 г. о введении правильных севооборотов в колхозах и совхозах нечерноземной полосы предусмотрено, что при введении севооборотов должно быть обеспечено проведение мероприятий по борьбе с эрозией почв (вымыванием и выдуванием) путем размещения полей севооборотов поперек склонов рельефа, категорического запрещения вспашки вдоль склонов, облесения оврагов и песков, залужения, посадки ивняка и пр.

В. Р. Вильямс развил положения классиков марксизма о значении лесоводства для развития сельского хозяйства. Очень ярко охарактеризовано

[1] К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. XIV, стр. 464.

им важное значение лесоводственных мероприятий для организации социалистического сельского хозяйства и поднятия урожайности во вступительной статье (1935 г.) к описанию лесной опытной дачи Сельскохозяйственной академии им. Тимирязева в следующих положениях, имеющих для нас руководящий характер, характер обширной программы для действий: «С каждым годом лесоаграрные мероприятия приобретают все более актуальное значение. При социалистической реконструкции сельского хозяйства Союза ССР из поля зрения не может быть упущено плановое размещение лесов агрономического значения, являющихся природным регулятором водного и ветрового режимов.

Открывающиеся перед лесоводством перспективы весьма широки. Перед нами стоит задача организации рационального хозяйства в лесах, являющихся охранителями режима водных артерий Союза, как путей связи между его отдельными областями. Не менее важна и не менее неотложна задача правильного использования лесов, как регуляторов водного режима полевых угодий, особенно в южных и юго-восточных районах. Обширные водораздельные пространства должны быть в плановом порядке покрыты системой лесных полос, опушек, без помощи которых освоение этих пространств почти безнадежно; их сельскохозяйственная культура без помощи леса не может быть экономически эффективной.

Далее идет не менее важная и такая же неотложная задача защиты почвы, как средства сельскохозяйственного производства, от сноса водой и ветром. Нужно не только придать нашей почве культурные свойства, не только обеспечить возможность одновременного и непрерывного снабжения культурных растений водой и пищей, но и защитить почву от гибели, от прямого уничтожения, как результата тысячелетнего хаотического, варварского использования. Нужно незамедлительно прекратить рост старых и образование новых оврагов, ибо каждую весну и после каждого ливня уничтожаются гектары драгоценной пахотной почвы. В результате образования оврагов не только снижается ценность почвы, но и ставятся серьезные препятствия на пути механизации производства, так как на перерезанных оврагами полях затрудняется продвижение трактора.

Еще хуже там, где уже нет или почти нет лесов; там освобождена стихия ветра, уносится почва, сносятся самые посевы, засыпаются десятки тысяч гектаров плодородной земли. Не терпит отлагательства и дело создания ветроупорных опушек и полос. Задача большой важности — развитие плодовых культур и их продвижение на север. В суровых климатических условиях СССР обе эти задачи выполнимы только под защитой морозостойких ветрозащитных опушек.

Самой собой разумеется, что попутно разрешаемое во всех перечисленных случаях снабжение населения топливной, поделочной и строительной древесиной играет немаловажную роль, освобождая транспорт СССР от переброски миллионов тонн объемистой продукции.

Своеобразные и сложные задачи, предъявляемые народным хозяйством и, в частности, сельскохозяйственным производством к лесам агрономического значения, требуют и иного подхода к специальным лесокультурным и лесоэксплоатационным вопросам, чем к лесам промышленного значения. Лес агрономического значения не представляет собою цель культуры, он представляет агротехническое средство.

Лесоводство представляет собою отрасль растениеводства, и это положение было формулировано более 60 лет тому назад К. А. Тимирязевым. В своей речи «Основные задачи физиологии растений», произнесенной на акте в б. Петровской земледельческой академии в 1878 г., К. А. Тимирязев отметил, в чем «цель стремлений по отношению к растению сельского хозяйства и лесовода: тот и другой стремятся подчинить растительный организм

своей власти, направить его деятельность так, чтобы он давал возможно большее количество продуктов, возможно лучшего качества».

Лесоводство, как отрасль растениеводства, теснейшим образом связано с законами выращивания растений, знание которых необходимо для правильной организации сельскохозяйственного производства. В этом отношении руководящее значение имеет положение, формулированное акад. В. Р. Вильямсом, который в своем «Почвоведении» указывает, что основной цех сельскохозяйственного производства — растениеводство — подразделяется на 3 раздела: лесоводство, луговодство и полеводство. Далее В. Р. Вильямс пишет: «В сельскохозяйственном производстве вопросы культуры поля, луга, леса, сада и огорода сливаются в такое нераздельное целое, что выделить рассмотрение вопросов какой-нибудь одной отрасли можно только совершенно искусственно и с неизбежной утратой той диалектической взаимосвязи, которой эти отрасли связаны в стройном организационном целом планового социалистического хозяйства».

Эта органическая связь отдельных отраслей растениеводства в практике социалистического народного хозяйства определяет собой тесное взаимодействие между соответствующими дисциплинами в высшей сельскохозяйственной школе, в частности в сельскохозяйственной академии им. Тимирязева, где В. Р. Вильямс реально оплодотворял своими идеями ряд смежных кафедр. В 1931 г. Василий Робертович выразил эту комплексность для нашей школы в специальной записке в следующих словах: «Производственная связь и методика научно-исследовательской работы кафедры лесоводства и опытно-исследовательской лесной дачи с кафедрою почвоведения и общего земледелия совершенно очевидны. Обе кафедры изучают природные растительные сообщества, слагающие растительные формации, и воплощают выводы своего изучения в производственных формах организации территории и организации лесов местного значения, и одна без тесного контакта с другой не могут существовать, не рискуя впасть в кустарничество и дилетантизм в соответствующей области. За обеими кафедрами имеется по меньшей мере 20-летний срок совместной работы». Так у Василия Робертовича теория была монолитно связана со всеми разделами практики социалистического сельского хозяйства.

В царской России колоссальное истребление лесов в интенсивных сельскохозяйственных районах происходило в центрально-промышленном и земледельческом, поволжском, южном и юго-западном районах, с громадной быстротой со второй половины XIX века. Условия эксплоатации лесных массивов отличались крайней примитивностью и были чрезвычайно трудными.

Эти черты были отмечены В. И. Лениным: «Лесные работы принадлежат к наиболее дурно оплачиваемым; гигиенические условия их отвратительны, и здоровье рабочих подвергается сильнейшему разрушению; положение рабочих, заброшенных в лесную глушь, наиболее беззащитно, и в этой отрасли промышленности царят во всей силе кабала ... и т. п. спутники «патриархальных» крестьянских промыслов».[1]

Анализ причин хищнического уничтожения лесов и отсутствие заботы об их возобновлении в капиталистических условиях дал во 2-м томе «Капитала» К. Маркс, где он пишет: «Длинное время производства (включающее в себя лишь в незначительной части рабочее время) и связанная с ним продолжительность периода оборота рубки делает лесоразведение невыгодным для частных, а следовательно, для капиталистических предприятий, — ведь капиталистические производства по существу своему являются частными производствами, хотя бы на месте отдельного капиталиста и выступал капиталист ассоциированный. Развитие культуры и вообще промышленности

[1] В. И. Ленин. Соч., т. III, стр. 412.

настолько энергично проявило себя уничтожением лесов, что по сравнению с этим все, что было сделано им для поддержания и насаждения леса, представляет совершенно незаметную величину».[1]

Сто лет тому назад русское общество не признавало лесоводства и относилось к нему с иронией, как об этом свидетельствует Гоголь «Есть офицеры, — говорит он в «Невском проспекте», — составляющие в Петербурге какой-то средний класс общества... Они не пропускают ни одной публичной лекции, будь она о бухгалтерии, или даже о лесоводстве».

Истребление лесов в царской России постоянно привлекало внимание передовой интеллигенции, которая была бессильна бороться с этим стихийным уничтожением лесов. В 1897 г. А. П. Чехов в «Дяде Ване» говорил: «Леса украшают землю, они учат человека понимать прекрасное и внушают ему величавое настроение. Леса смягчают суровый климат. В странах, где мягкий климат, меньше тратится сил на борьбу с природой». Хищническое истребление лесов, имевшее место в царской России, вызывало возмущение А. П. Чехова: «Человек одарен разумом и творческой силой, — говорит он устами своего героя, доктора Астрова, — чтобы приумножать то, что ему дано, но до сих пор он не творил, а разрушал. Лесов все меньше и меньше, реки сохнут, дичь перевелась, климат испорчен и с каждым годом земля становится все беднее и безобразнее». Еще ранее скорбел об этом Некрасов: «Где бывало леса вековечные на огромном пространстве шумят, там теперь пустыри бесконечные пеленою могильной лежат». Методы обновления оскудевшей под влиянием вырубки лесов получили в дальнейшем научно-обоснованное выражение в трудах В. Р. Вильямса, которые дали ключ к разрешению лесоаграрной проблемы в нашей стране в условиях победившего колхозного строя. Как часть учения В. Р. Вильямса об организации сельскохозяйственной территории, эта проблема получила законодательное выражение в постановлении СНК Союза ССР от 31 июля 1931 г. об организации лесного хозяйства и в докладе товарища Сталина на XVII съезде ВКП(б) в январе 1934 г. В этом докладе товарищ Сталин сказал: «Насаждение лесов и лесозащитных полос в восточных районах Заволжья имеет громадное значение. Эта работа, как известно, уже производится, хотя нельзя сказать, чтобы она производилась с достаточной интенсивностью». Эти указания об обязательности лесокультурных работ в малолесных и безлесных районах разрушают высказывавшиеся ранее в корне неправильные взгляды о том, что расширение площадей земельного фонда в связи с пресловутым так называемым «аграрным перенаселением» должно производиться путем вырубки и без того незначительных площадей лесов на юге.

Решения XVII съезда ВКП(б) дали мощный толчок к развитию лесопосадочных работ на землях сельскохозяйственного значения, и за 2-ю пятилетку проведено лесокультурных работ на сельскохозяйственных землях (посажено лесных полос на полях, по оврагам, облесено песков) около 600 тысяч га, т. е. в 25 раз больше, нежели в царской России. В 1938 г. в ведении Народного комиссариата земледелия СССР было колхозных, совхозных и государственных лесных питомников 2742, — в 11 раз больше, чем в царской России. Площадь же всех этих питомников составляла в 1938 г. 17 495 га, что в 72 раза превышает площадь питомников в царской России. В 1938 г. посадкой лесных насаждений занималось 42 тысячи колхозов и руководили этой работой 2421 машинотракторная станция. В 1940 г. колхозные поля пересечены зеленой лентой лесных полос, составляющих площадь в 97 тысяч га.

Все эти лесопосадочные работы должны проводиться силами самих колхозов. Это положение закреплено постановлением ЦК ВКП(б) и СНК Союза ССР от 27 октября 1938 г. «О мерах обеспечения устойчивого урожая

[1] К. Маркс. Капитал, т. III, стр. 217.

в засушливых районах юго-востока СССР», согласно которому было определено «возложить оперативное руководство и техническое обслуживание лесопосадочными работами в колхозах на МТС. Колхозы, МТС и совхозы включают в производственные планы лесопосадочные работы». В лесопосадочных работах в особенности важное значение приобретает посадка полезащитных лесных полос, которым принадлежит крупная роль в поднятии урожайности при травопольной системе земледелия, основоположником которой является акад. В. Р. Вильямс. «При отсутствии лесных полос агротехническая эффективность травяных полей сводится к такой минимальной величине, которая не может служить обоснованием их введения в севооборот», — говорит В. Р. Вильямс в книге «Травопольная система земледелия на орошаемых землях» (1935).

Положение акад. В. Р. Вильямса о том, что защитные лесные полосы составляют органическую часть сельскохозяйственной территории, является обязательным для успешной борьбы за урожай; оно нашло себе яркое выражение в постановлении СНК Союза ССР от 18 марта 1940 г. «О введении правильных севооборотов в колхозах и совхозах Украинской ССР». В нем предусматривается, что при введении севооборотов с применением травосеяния должно быть обеспечено правильное размещение лесных полос в засушливых районах и проведение мероприятий по закреплению песков, оврагов и по мелиорации участков, подверженных выдуванию и вымыванию почв (облесение, посадка ивняка, залужение и пр.). Самый план земельных угодий колхозов и совхозов и проект введения севооборотов, размещения полей и т. д. должен содержать нанесенные на полях севооборотов полезащитные лесные полосы, и составление всего этого проекта хозяйства производится непосредственно под руководством агронома.

Независимо от защитной роли лесов и лесных полос, существенно важных для обеспечения устойчивого урожая в засушливых районах, следует иметь в виду, что лесоразведение в малолесных и безлесных районах обеспечит бóльший народнохозяйственный эффект и в отношении снабжения древесиной сельского хозяйства в южных районах. В самом деле, в малонаселенных лесистых районах промышленной зоны рост леса происходит медленнее, чем на юге. И транспорт древесины из лесистых районов по железнодорожным путям внутрь страны, в центральные, южные и юго-восточные районы европейской части СССР является дорогостоящей и трудно осуществляемой операцией. Таким образом, лесоразведение в сельскохозяйственных районах, на месте потребления выращиваемой древесины, является неотложной задачей и с точки зрения снабжения колхозного населения древесиной. И эта важная часть лесоаграрной проблемы была определена акад. В. Р. Вильямсом.

В. Р. Вильямс наметил и широко отобразил лесоаграрную проблему в строящемся агропочвенном музее его имени и поручил нам составить проект музейной экспозиции по этой проблеме. Незадолго до своей кончины он принял этот проект в тематическом плане музея, выделив для него специальный зал (№ 2). В недалеком будущем этот проект начнет воплощаться в жизнь. Долг наш и долг будущих поколений советских почвоведов, агрономов и лесоводов передать через поток времени ту преемственность в работе по освоению научного наследства нашего общего наставника, которая обеспечит правильное развитие советской агрономической науки и дальнейший подъем социалистического земледелия.

М. И. КАНТОР
КАФЕДРА ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛОГИИ ТСХА

ПОЧВОВЕДЕНИЕ, ГЕОХИМИЯ И БИОГЕОХИМИЯ

Акад. В. Р. Вильямс считал настолько тесной связь почвоведения с геологией, что назвал почвоведение главой динамической геологии. Следуя принципам В. В. Докучаева, В. Р. Вильямс создал динамическое почвоведение. Ученик В. В. Докучаева — академик В. И. Вернадский — создал динамическую минералогию. «Я был одним из немногих, — говорит В. И. Вернадский (1940), — построивших в то время преподавание минералогии не на статическом охвате Линнея, но на динамическом представлении о минералах в земной коре Бюффона. Это определило весь ход моего преподавания и изучения минералогии и отразилось на мысли и научной работе моих учеников и сотрудников».

Трудами В. И. Вернадского (1926—1940), А. Е. Ферсмана (1933—1940) и Я. В. Самойлова (1925) в нашем Союзе и Гольдшмидта (1933, 1938), Ниггли, Гевеши, Ноддак (1937) за рубежом нашей страны создавалась новая научная дисциплина — геохимия, целью которой является изучение самих атомов, законов их распределения в природе, их истории.

Геохимия, самая молодая из геологических дисциплин, нанесла удар метафизическому представлению о природе. Исторический процесс охватывает все существующее в мироздании. Сами атомы имеют историю во времени. Мы можем сейчас говорить о возрасте атома-элемента, химия радиоактивных элементов показывает нам процесс видоизменения некоторых атомов, превращения одних в другие.

Задача геохимии — изучение атомов, задача минералогии — изучение молекул, кристаллов, минералов, задача петрографии — изучение аггрегатов минералов, задача почвоведения — «изучение наружных горизонтов горных пород, естественно измененных совместным влиянием воды, воздуха и различного рода организмов живых и мертвых» (Докучаев, 1936); «изучение накопления ряда количественных изменений в материнской породе, которые, чтобы стать почвой, складываются в своей совокупности в существенно качественное свойство почв — ее плодородие» (Вильямс, 1938). Исторически самая молодая из геологических дисциплин, геохимия логически должна быть поставлена в их основу, потому что для знания молекул и кристаллов, состоящих из атомов, горных пород, состоящих из минералов, почв, являющихся дневными выходами горных пород, — необходимо знание самих атомов.

Акад. А. Е. Ферсман (1937, 1939) ввел весьма важное понятие химико-физических параметров химических элементов, которые характерны для каждого химического элемента. Химико-физическими параметрами химических элементов он считает порядковый номер, валентность и радиус иона элемента. Эти три химико-физических параметра в значительной мере определяют судьбу химического элемента при данной термодинамической обстановке. Порядковый номер элемента (число Мозели) определяет поло-

жение атома в периодической таблице Менделеева, величину заряда элемента, характер его наружного электронного строения. Второй химико-физический параметр — валентность — является параметром энергетическим и показывает число единиц заряда, которым обладает атом. Третий химико-физический параметр элемента — это радиус иона.

Применение акад. Ферсманом величин параметров химических элементов позволило ему на двух примерах, на геохимии железа и кобальта, показать, что теоретические выводы, сделанные им, подтверждаются на практике при исследовании рудных месторождений.

Весьма важной величиной для изучения истории химического элемента является его кларк концентрации. Под кларком концентрации принимается отношение между процентным содержанием элемента в минерале, горной породе, почве и весовым кларком этого элемента в земной коре. В. И. Вернадский (1937) различает положительные кларки концентрации и отрицательные кларки концентрации. Положительными кларками концентрации он называет такие кларки химических элементов, величины которых превышают их весовой кларк в земной коре. Отрицательными кларками концентрации он называет такие кларки, величина которых ниже весового кларка химического элемента в земной коре (под земной корой понимается верхняя часть литосферы до глубины 16 км, вся гидросфера и атмосфера). Недостает термина для обозначения кларка концентрации элемента, когда он равен единице, совпадает с весовым кларком элемента в земной коре. Мы предлагаем в этом случае говорить о нейтральном кларке концентрации. Под этим термином мы понимаем определенный момент в миграции химического элемента. Выше нейтрального кларка концентрации мы имеем скопление химического элемента, ниже нейтрального кларка концентрации — его рассеяние.

Вся история химического элемента, весь путь его миграции, круговорот большинства химических элементов зависят от двух его противоположных свойств—способности к концентрации и к рассеянию. История многих химических элементов — есть единство этих двух противоположных процессов.

Большая заслуга акад. В. И. Вернадского (1940) состоит в том, что он весьма детально изучил вопрос рассеяния химических элементов. «Какой бы объем земного вещества мы ни взяли,— говорит акад. Вернадский, — газообразный, жидкий или твердый, мы во всех случаях встретим одну и ту же особенность. Мы увидим, что земное вещество, помимо всех нам известных химических соединений, проникнуто всегда огромным количеством атомов, не подчиняющихся тем молекулярным группировкам, какие мы для них можем различать». В. И. Вернадский дает несколько весьма убедительных примеров рассеяния химических элементов. В газе другой газ, в него попавший, распространяется в нем до конца; таким образом в каждом месте газовой смеси находятся атомы или молекулы всех газов смеси. Воздух является прекрасным примером чрезвычайного рассеяния химических элементов: благородных газов, радиевой эманации. То же явление, говорит В. И. Вернадский, дает нам и каждая жидкость земной поверхности. Анализ всякой природной воды, например морской, показывает, что в ней рассеяно по меньшей мере 40, может быть 50, разных элементов; они могут быть найдены в каждой ее капле. Так, мы знаем, что в морской воде есть марганец в количествах меньше одной миллионной доли процента.

То же явление рассеяния химического элемента установлено и для твердого аггрегатного состояния материи, для минерала, горной породы, почвы. Явление рассеяния вполне установлено для элементов иода, лития, скандия, галлия, индия, брома, цезия, рубидия. Рассеяние радия настолько велико, что его природные соединения неизвестны. Это же относится к большей части атомов фтора, урана и рубидия.

«В земном веществе, в его материи, всегда, помимо соединений, находится огромное невообразимое количество атомов — миллионы миллионов в кубическом сантиметре, причем некоторые из них могут находиться в распаде и выделять при этом тепловую энергию, производить работу».

В замечательной работе по геохимии марганца Вернадский (1937) показывает, как из ничтожнейших количеств марганца, рассеянного в морской воде (10^{-6}%), при участии бактерий образуются скопления марганца в виде рудных месторождений. Миграция химического элемента идет по двум противоположным путям: рассеяния и концентрации. Это, весьма вероятно, общее явление для всех химических элементов гипергенной зоны земной коры. Весьма возможно, что изучение явления рассеяния и скопления химических элементов даст нам ключ к пониманию генезиса многих осадочных рудных месторождений.

Может ли быть иначе? Можно ли себе представить одно лишь скопление химического элемента в гипергенной зоне, или одно лишь рассеяние химического элемента? Если допустить возможность существования в природе отдельно этих явлений, то придется признать, что в определенный момент истории земли все рассеянные химические элементы образовали скопления в виде рудных месторождений, что невероятно, потому что процессы скопления и рассеяния происходили во все геологические периоды, начиная с кембрия и до настоящего времени. Точно также, если допустить один лишь односторонний процесс рассеяния химического элемента, то в определенную геологическую эпоху рассеяние дошло бы до своего предела, вся материя перешла бы в состояние рассеяния. Необходимо поэтому допустить существование единого процесса, охватывающего два противоположных момента — скопление элементов и их рассеяние и рассматривать миграцию химического элемента как диалектическое единство этих двух противоположных процессов.

В процессах миграции исключительно большую роль играет живое вещество. Роль живого вещества в этих процессах прекрасно выяснена как акад. В. Р. Вильямсом, так и акад. В. И. Вернадским.

Акад. В. Р. Вильямс различает большой геологический «круговорот» и малый биологический «круговорот» зольной и азотной пищи растений. «Биологический круговорот развертывается на части траектории большого геологического круговорота веществ в природе. Выяснение преобладающего напряжения и темпа процессов, слагающих биологический круговорот, представляет задачу почвоведения, как науки». «Оба цикла процессов как геологических, так и биологических, должны неминуемо протекать одновременно и совместно».

«Из большого абиотического круговорота веществ на земном шаре вырывается ряд элементов, которые, постоянно вовлекаемые в новый малый, по сравнению с большим геологическим круговоротом, надолго, если не навсегда, вырываются из траектории большого круговорота и вращаются непрерывно расширяющейся спиралью в обратном направлении в малом биологическом. На безжизненном фоне геологических процессов возникает и развивается жизнь. С точки зрения почвоведения жизнь есть беспрерывная смена процессов создания и разрушения органического вещества». (Вильямс, 1938).

Акад. В. И. Вернадским (1940) живое вещество изучается с точки зрения его массы, его химического состава, его энергии. Характернейшей чертой живого вещества является его миграция. В. И. Вернадский говорит о биогенной миграции в отличие от общей миграции химических элементов в земной коре, о которой мы говорили выше. Он указывает на существенные признаки биогенной миграции, приводит различные ее формы. В. И. Вернадский присоединяется к определению живого орга-

низма, данному Кювье, как непрерывного во время жизни тока атомов, идущих из внешней среды и во внешнюю среду. «Организм живет пока ток атомов продолжается, он охватывает все вещество организма. Дыханием, питанием, внутренним метаболизмом, размножением создается непрерывно каждым организмом отдельно или всеми вместе биогенный ток атомов, строящих и поддерживающих живое вещество». Эта первая форма биогенной миграции считается акад. Вернадским самой главной, количественное значение которой определяется массой живого вещества, существующего в данный момент на нашей планете.

Вторая форма биогенной миграции связана с интенсивностью биогенного тока атомов. «Чем больше раз, — говорит акад. Вернадский, — будет оборачиваться атом в единицу времени, тем биогенная миграция будет значительней».

Третьей формой биогенной миграции, характерной для нашей геологической эпохи, является миграция атомов, производимых организмами, но генетически и непосредственно не связанная с вхождением или прохождением атомов через их тело. Эта биогенная миграция производится самой техникой жизни организмов. В. И. Вернадский приводит, как пример, работу роющих животных, следы которых известны из древнейших геологических эпох, постройки термитов, муравьев, бобров. На биогенную миграцию, вызванную червями, указывал еще Дарвин.

Разумеется, акад. В. И. Вернадский не мог упустить из внимания биогенную миграцию химических элементов, вызванную жизнедеятельностью человека. Он говорит, что в результате этой биогенной миграции создаются новые, небывалые на нашей планете тела и меняется лик земли. Акад. А. Е. Ферсман (1933) подробно изучает в своих трудах биогенную миграцию, вызванную человеком, называя ее «техногенезом» и приходит к очень яркому определению геохимической роли человека: «человек геохимически переделывает мир».

Для количественного определения тех изменений, которые происходят в химических элементах под влиянием геохимической деятельности человека, мы термин «кларк концентрации» распространили на продукты его промышленной деятельности, на продукты обогащения и агломерации руд и назвали предельным кларком концентрации ту его величину, которая имеется в металлах, представляющих почти чистые химические элементы, выплавленные из руд (Кантор, 1940).

Источником энергии круговых процессов геохимических и биогеохимических, общей миграции химических элементов и биогенной миграции акад. В. И. Вернадский считает лучистую солнечную энергию и атомную энергию. Вопрос о связывании солнечной энергии рассматривается акад. Вильямсом, как задача сельскохозяйственного производства. Уже на первой странице «Почвоведения» акад. Вильямс определяет задачей сельского хозяйства снабжение человека той формой энергии, развитие и затраты которой необходимы для всякого проявления его жизнедеятельности, в чем бы она ни выражалась. Способность организованно накоплять и разумно расходовать энергию есть качественный признак человеческого общества. Процессы физиологические, проявления психической деятельности, физический труд, интеллектуальная деятельность и работа воображения и мысли — все без всякого исключения требует затраты энергии. «Сельское хозяйство — единственное производство, доставляющее человечеству безусловно необходимую ему и также безусловно ничем незаменимую энергию».

Определенными этапами миграции химических элементов являются их кларки концентрации. С течением времени кларки концентрации меняются,

но на определенном отрезке времени они весьма характерны для минерала, горной породы, почвы.

Изучением кларка почв (среднего химического состава) стал заниматься акад. В. И. Вернадский еще в 1924 г. (доклад на IV конференции почвоведов в Риме). Акад. Вернадский (1936) дает среднее содержание химических элементов почв, не указывая различных типов почв, по декадам в процентах.

Среднее содержание почв по декадам

Декады	Проценты	Элементы
I	больше 10^{1}	O, H, Al, Si
II	10^{1} —10^{0}	C, Na, K, Ca? Fe
III	10^{0} —10^{-1}	N, Mg?, P, S, Cl?, Ti, Ba
IV	10^{-1}—10^{-2}	V, Mn, Sr
V	10^{-2}—10^{-3}	Li?, Ni?, Cu, Zn, Rb, Zr
VI	10^{-3}—10^{-4}	Cr, Co, Y
VII	10^{-4}—10^{-5}	As, Th?

В почвах были найдены также элементы: уран и его производные, Ra (n.10^{-12}%), Ga, Mo, Ag, Au, Sb, Pb, F, Be, B. В них должны находиться также Bi, Se, Sn, Br, так как эти элементы найдены в организмах.

Данные, приводимые акад. Вернадским, не дают возможности вычислить кларки концентрации химических элементов почвы, что было бы весьма желательно. Например, содержание фосфора в пределах от 1 до 0.1% не дает нам представления о его кларке в почве и еще меньше — о кларке концентрации. Акад. Вернадский указывает на трудность составления кларков почв в виду отсутствия достаточного количества химических анализов для большинства природных почвенных типов.

«Имеющиеся анализы почв (валовые анализы) приводят данные лишь для части химических элементов, входящих в состав почвы, не принимаются во внимание содержание в почвах титана, марганца, ванадия и других элементов».

Акад. Вернадский говорит о том, что почвенные анализы с геохимической точки зрения очень приблизительны и не выдерживают сравнения с анализами минералов. Он считает необходимым внесение довольно больших изменений в общеупотребительные методы анализа. Эти изменения, говорит он, могут быть только полезными для развития почвоведения. Первое существенное и необходимое изменение заключается, по его мнению, в подготовке образцов для анализа и в тех поправках, которые нужно внести в результаты анализов.

Для геохимии необходимо знать средний состав почвы, насколько это возможно, в природном состоянии, т. е. ее среднюю влажность; почву нужно анализировать со всем ее содержимым, со всеми ее организмами, их остатками и другими органическими материалами. Между тем, обычный почвенный анализ относится к почвам, высушенным на воздухе или при 100° С. Для того, чтобы подготовить почву для анализа, ее освобождают от организмов и их остатков. «Отсюда следует, — говорит В. И. Вернадский, — что почва геохимического анализа есть нечто иное, чем почва обычных почвенных анализов. Почва наших анализов не представляет природного тела, это предмет не существующий, как таковой, в природе».

Совершенно правильно утверждение акад. Вернадского, что при анализах почвы должны учитываться все химические элементы почвы и что результаты анализов должны быть выражены в элементах, а не в окислах, как это делается в настоящее время, и что, очевидно, окиси, как таковые, не существуют в почвах, всегда богатых органическими и живыми вещества-

ми: в этих последних элементы не связаны с кислородом в сколько-нибудь заметном количестве.

Акад. В. И. Вернадский указывает, что, кроме количественного определения входящих в почву химических элементов, с геохимической точки зрения важно также и определение их валентности. «Так, например, определение валентности железа сделалось уже обычным при анализах породы, минералов, однако, при анализах почв не делается определения закисного железа, данные почвенных анализов выражают его обычно в форме трехвалентного железа, но известно, что это не соответствует истине, так как в живом веществе и происходящем от него органическом веществе преобладает двухвалентное железо. Само собой разумеется, что валентность атома железа в среде земных реакций имеет огромное значение. Определение этой валентности в связи с проблемой плодородия почв представило бы большой интерес».

При современном состоянии методики химического анализа вполне возможно дать полный анализ почв так же, как это делается для минералов и горных пород. Анализы при помощи рентгеновых спектров сделали возможным определение химических элементов в количестве 0.1 и даже 0.01 %, а метод количественного анализа при помощи дугового спектра позволяет определять содержание большинства элементов до 0.001%. Физические методы анализа имеют то преимущество, что они позволяют работать с небольшими количествами испытуемого вещества. Когда приходится обрабатывать значительные количества вещества, то возможны ошибки из-за загрязненности лабораторных реактивов.

Мы, однако, считаем, что анализы почв, которые приводятся в различных трудах почвоведов, например у Докучаева, Глинки, Флорова и других, содержат ценнейший материал для геохимиков. Мы просмотрели около 500 различных анализов почв со всего нашего Союза. Весьма ценным является то, что анализы почвоведов, в отличие от анализов минералогов, показывают нам содержание химических элементов по различным генетическим горизонтам почвы. Мы видим, как содержание химического элемента меняется с глубиной. Мы можем, таким образом, проследить миграцию химического элемента по данным этих анализов, что и является задачей как геохимии, так и почвоведения.

Почти во всех анализах почв приводится содержание химически связанной воды, щелочей и щелочных земель, полуторных окислов. На основании валовых анализов почв можно получить представление, хотя и приближенное, об их минералогическом составе. Таким образом, имеющиеся анализы почв бесспорно можно использовать с целью установления кларков концентрации различных химических элементов.

Мы поставили себе задачей в первую очередь определить кларк концентрации фосфора в почве. По данным акад. А. Е. Ферсмана (1933), кларк фосфора в почве (среднее содержание) равняется 0.10, т. е. почти равняется весовому кларку фосфора в земной коре (0.12). Как мы сказали выше, такой кларк следовало бы назвать нейтральным: он не показывает нам, как происходила и в каком направлении шла миграция фосфора: концентрации или рассеяния. Наши подсчеты показывают, однако, что мы имеем в почве кларк концентрации фосфора 0.06, т. е. в два раза меньше кларка фосфора в земной коре. Это показывает, что фосфор находится в почве в состоянии рассеяния.

Просмотр этих анализов показал нам некоторые закономерности в составе почв. Так, например, за крайне редкими исключениями, калий преобладает над натрием. Количество кремнезема варьирует в пределах от 50 до 75%, количество глинозема — в пределах от 7 до 19%. Разумеется, кларк концентрации необходимо установить для различных типов почв, что и является нашей ближайшей задачей.

По ряду анализов можно установить, что в некоторых почвах среднее содержание марганца дает высокий кларк концентрации. Титан в некоторых почвах встречается даже в большем количестве (до 1.5%), чем указывает акад. Вернадский (1910).[1]

Мы считаем, что углубленное изучение химического состава почв будет весьма полезно для развития почвоведения, как науки, и для увеличения плодородия почв и что внедрение геохимических идей в почвоведение сыграет такую же роль в почвоведении, какую при основании этой науки Докучаевым и Вильямсом сыграла динамическая геология.

ЛИТЕРАТУРА

Вернадский В. И. Титан в почвах. Почвоведение, № 3, 255, 1910.
Вернадский В. И. Биосфера. 1926.
Вернадский В. И. Очерки геохимии. 1934.
Вернадский В. И. Об анализе почв с геохимической точки зрения. Почвоведение, № 1, 1936.
Вернадский В. И. Заметка о титане в биосфере. Тр. биогеохимической лаборатории, т. IV, стр. 248, 1937.
Вернадский В. И. Геохимия марганца в связи с учением о полезных ископаемых. Тр. конференции по генезису руд железа, марганца и алюминия, стр. 229, 1937.
Вернадский В. И. Биогеохимические очерки. 1940.
Вильямс В. Р. Почвоведение. 1938.
Виноградов А. П. Химический элементарный состав организмов моря. 1937.
Гольдшмидт В. М. Основы геохимии. 1933.
Гольдшмидт В. М. Геохимия редких элементов. 1938.
Гольдшмидт В. М. Принципы распределения химических элементов в минеральных и горных породах. Успехи химии, № 2, 1938.
Докучаев В. В. Русский чернозем. 1936.
Кантор М. И. Геохимия и металлургия керченских руд. Изв. Акад. Наук СССР, вып. 3, стр. 48, 1940.
Ноддак И. О повсеместном присутствии химических элементов. Успехи химии. № 9, 1937.
Самойлов Я. В. Биолиты. 1929.
Ферсман А. Е. Геохимия. Т. I, 1933.
Ферсман А. Е. Геохимия. Т. II, 1934.
Ферсман А. Е. Геохимия. Т. III, 1937.
Ферсман А. Е. Геохимические параметры железа. Тр. конференции по генезису руд железа, марганца и алюминия, стр. 7, 1937.
Ферсман А. Е. Геохимия. Т. IV, 1939.
Ферсман А. Е. Геохимия кобальта. Изв. Акад. Наук СССР, № 3, 1939.
Ферсман А. Е. Геохимические и минералогические методы поисковых работ. 1940.

[1] Кларк титана в почве вычислен нами на основании данных нашей лаборатории и литературных данных (всего 118 определений) равным 0.40%.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

СБОРНИК ПАМЯТИ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

Н. С. ПЧЕЛИН

КАФЕДРА ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛОГИИ ТСХА

РОЛЬ БАКТЕРИЙ И ЛИШАЙНИКОВ В ПЕРВИЧНОМ ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ В СВЕТЕ УЧЕНИЯ акад. В. Р. ВИЛЬЯМСА

Акад. В. Р. Вильямс, выдвигая учение о первичном почвообразовательном процессе, отмечал колоссальнейшую роль в этом процессе аэробных и анаэробных бактерий и лишайников. Автором этой статьи по данному вопросу собран некоторый материал, иллюстрирующий положение В. Р. Вильямса.

Выветривание, подготовляющее материал для образования почвенного скелета, бывает различным по своей природе. Различают три вида выветривания: механическое (физическое), называемое иногда термическим, химическое и биохимическое. При термическом выветривании происходит измельчение горной породы, и она превращается в рухляк; при химическом — происходит растворение и разложение породы, с изменением ее вещественного состава; биохимическое выветривание обусловливается влиянием растений и животных на горные породы, но в конечном итоге участие живых организмов в выветривании основано на физических и химических процессах.

На поверхности различных изверженных пород, и в особенности содержащих кальций и щелочи, прежде всего появляются и развиваются микроскопические лишайники. Своими корневидными нитями они проникают в породы, покрывая их в виде серых пятен и наростов, придавая породе разнообразную окраску. Лишайники *Sacrogyne privigna* поселяются и проникают в самые твердые породы, а *Sterexalum vesuvianum* появляются на лавовых потоках через 5 лет после их излияния. Лишайники одинаково хорошо развиваются в различной климатической обстановке как под снегом и льдом, так и под палящими лучами солнца. Покрышка из лишайников изменяет колебания температуры, но, вместе с тем, обусловливает большую конденсацию водяных паров и образование большого количества углекислоты и щавелевой кислоты. Лишайники способствуют также образованию минерала тиршита (щавелево-кислого кальция). Из отживших лишайников образуется некоторый слой почвы, на котором развиваются сначала мхи, ризоиды которых проникают глубоко в толщу породы. Далее на разложившейся и разрыхленной породе начинают расти травы, обладающие бо́льшим разрушительным действием, чем лишайники и мхи. Травянистая растительность, разлагаясь, дает сероводород, перегнойные кислоты и угольную кислоту, которые еще более энергично разрушают горные породы.

Так, шаг за шагом, при достаточной теплоте и влаге на обнаженной поверхности скал постепенно накопляется сначала ничтожно малый, а затем нарастающий слой темноокрашенных продуктов, содержащих перегной, на котором уже развиваются кустарники и даже большие деревья, оказы-

вающие громадное влияние на дальнейшее разрушение пород. Некоторые водоросли въедаются в породы и разрушают их. Например, в известковых областях штатов Канзас, Оклахома, Монтана, Вайоминг (в США) и в других местах породы более или менее густо покрыты сообществами мелких водорослей в углублениях с диаметрами от 0.2 до 0.6 мм. и с глубиною проникновения в породы от 0.1 до 0.2 мм (Твенхофел, 1936). Черные подтеки, наблюдаемые на многих утесах в умеренном климате, представляют тонкий слой нитчатых водорослей (Обручев, 1932). Пионерами растительности на острове Кракатау после грандиозного вулканического извержения, стершего все органическое на поверхности и покрывшего остров раскаленным вулканическим пеплом, явились синезеленые водоросли (*Lingbya*) с примитивным питанием; энергично разъедая поверхность скал, водоросли после отмирания способствуют накоплению органического вещества, образуя ничтожно малый слой перегноеподобных веществ (Омелянский, 1927). В трещинах пород развиваются плесневые грибы, являющиеся также агентами разрушения пород. Яблочная, лимонная, уксусная и др. кислоты плодов растений, образующиеся ежегодно в больших количествах, также играют значительную роль в выветривании горных пород. Уитней (1921) перечисляет 35 органических соединений, которые были определены в почвах (эти вещества составляют так называемый гумус), но еще не выяснено, в какой степени эти соединения влияют на разложение пород.

Как показали новейшие исследования, на ряду с высшими растениями в разрушении горных пород деятельное участие принимают и бактерии. Как было установлено Шлезингом и Мюнцем (1877) и Виноградским (1891), нитробактерии и нитрозобактерии, окисляющие азот воздуха в азотистую и азотную кислоту, являются агентами разрушения скал на высоких горных хребтах. Эти бактерии, благодаря своим ничтожным размерам, проникают вместе с водою в тончайшие поры и трещины горных пород и после своей смерти выделяют в виде перегнойных соединений захваченные ими из воздуха углекислоту и азот, давая первый толчок к разрушению горных пород. В Альпах, Пиренеях, Вогезах, Оверни и других местах не только поверхность скал, но даже мельчайшие поры в них покрыты микроскопическими нитрифицирующими бактериями; так, например, вершина Фаульгорна (Гнилая гора) в Бернских Альпах, сложенная известняками, буквально изъедена бактериями. Бактерии заимствуют азот и из аммиака, образующегося при разложении органического вещества, чем объясняется обилие селитры в местах, где происходит процесс разложения.

Превращением карбонатов, т. е. углекислых соединений, в азотнокислые соединения объясняют и разрушение горных пород, и появление на них выцветов. Бактерии находятся не только в подпочвенных слоях, но проникают и глубоко в недра земли. В земной коре Штапфф (Вернадский, 1903—1914) находил микроорганизмы в толще горных пород при проведении Сен-Готардского тоннеля. Р. Лиске и Е. Гофман (1929) обнаружили живые бактерии в пластах каменного угля на глубинах от 400 до 1089 м (на последней глубине температура достигала 30—40° С). В 1926 г. Е. Бастин открыл бактерии в нефтяных водах буровых скважин Иллинойса на глубине от 150 до 450 м. Р. Галь и Андерсону (1928) в 17 буровых скважинах из числа 40, заложенных в Калифорнии, удалось обнаружить бактерии в пределах глубин от 230 до 940 м, где температура достигала 47°, между тем как при температуре 36°, свойственной меньшим глубинам, бактерий не оказалось.

Таким образом, это весьма замечательный пример связи микроорганизмов с какими-то специфическими глубинными условиями существования. При этом Бастин (1926) не считает исключенной возможность того, что бактерии существуют в недрах с далекого (девонского) времени, т. е. со времени отложения содержащих их пород. Н. Т. Ушинский (1926) в нефтяных водах Биби-Эйбата на Апшеронском полуострове установил наличие бакте-

рий, восстанавливающих сульфаты, а также и денитрифицирующих бактерий. В. Д. Соколов в районе г. Магнитогорска на южном Урале обнаружил (методом Виноградского-Рихтера) бактерии в дудках (шурфах) на глубине 12.5—17.5 м не только в лёссовидных продуктах выветривания, но и в самой материнской кристаллической породе в количестве до 3 млн. в 1 г исследованной породы. Указанный автор говорит, что биохимическое выветривание не ограничивается тонкой пленкой почв, но происходит на гораздо бо́льших глубинах, вызывая появление мощных новообразований — латеритов, каолинов, лёссовидных пород и др. По наблюдениям Зайля (1927), увеличение количества растворенных веществ, содержащих почвенные бактерии, в стерильной воде достигает 53%. По мнению этого исследователя, указанное явление происходит вследствие выделения бактериями углекислоты. Логан (1919) предполагает, что бактерии служат причиной образования каолина в Индии. Голландом (1903) и акад. В. И. Вернадским (1927) были сделаны предположения, что процесс латеритизации происходит вследствие работы микроорганизмов.

Бассалик (1912), изучая действие различных бактерий, содержащихся в почве, на разрушение измельченных в порошок силикатов и алюмосиликатов ортоклаза, микроклина, олигоклаза, лабрадорита, нефелина, лейцита, мусковита, оливина, авгита, роговой обманки, апатита и турмалина, установил, что особенно активными являются микроорганизмы. Их активность автор объясняет свойством плотно обволакивать частицы минералов и сильным процессом их дыхания. Так, дрожжи, несмотря на свою более значительную активность, оказали на эти минералы гораздо меньшее действие, чем бактерии. Значение последних заключается в том, что выделяемая ими углекислота и другие кислоты, особенно органические (у некоторых бактерий), переводят в раствор минералы-силикаты более или менее сложного состава. При этом различные бактерии неодинаково ведут себя по отношению к разным минералам. Так, *Bacterium extorquens* хорошо разрушает полевые шпаты, тогда как азотные бактерии лучше растворяют минералы, содержащие щелочные земли, чем минералы, относительно богатые трудно растворимыми кремнеземом и глиноземом. Очень легко растворяется железисто-магнезиальная слюда, что, помимо ее состава, связано, вероятно, с ее совершенной спайностью, благодаря которой при измельчении минерала получается увеличение поверхности соприкосновения ее с микроорганизмами. Вообще же легче всего бактерии переводят в раствор щелочи, затем щелочные земли, железо и кремнезем, а труднее всего — глинозем. Так как указанный процесс происходит при обыкновенной температуре и в природных условиях не ограничен временем, то Бассалик, исходя из этого, приходит к выводу, что бактерии играют выдающуюся роль при разрушении минералов-силикатов.

Наблюдая за работой аэробных и анаэробных бактерий над углекислыми минералами (кальцитом, арагонитом, сидеритом, доломитом и магнезитом), Равич-Щерба (1928) выяснила, что различные бактерии оказывают неодинаковые действия на отдельные минералы, в зависимости от свойств последних и химической активности первых; так, магнезит и сидерит были весьма стойкими даже перед бактериями, образующими сильно активные органические кислоты, тогда как мел, арагонит, кальцит показали гораздо более легкую растворимость.

Акад. В. И. Вернадский (1927) устанавливает два типа химических активных веществ, действующих в земной коре: это — радиоактивные элементы и живые вещества, населяющие биосферу. Последним он придает громадное значение и утверждает сложные биохимические функции, выполняемые простейшими одноклеточными организмами. Он указывает, что со времени возникновения биосферы и связанных с нею процессов выветривания минеральный состав поверхностных частей литосферы стал совершенно

иным по сравнению с тем, каким он был до появления на земле жизни. Даже каолиновое ядро, являющееся постоянным компонентом возможных глин и многих минералов (полевые шпаты, слюды и др.), исключительно стойкое перед обычными земными реагентами и разрушимое лишь сильными кислотами при высоких температурах, — разлагается под действием простейших растений (диатомей) и бактерий при низкой температуре, с выделением тепла, которое, следовательно, ставит эти микроорганизмы вне прямой зависимости от теплоты солнца.

По мысли акад. В. Р. Вильямса (1938), развитие анаэробной жизни в массе рухляка (термического выветривания) послужило началом обособления почвы не только на поверхности рухляка, но и в ее массе, а живые элементы, находящиеся в почве, задерживали в своих организмах элементы пищи растений. Из лишайников, проникших в массу рухляка в результате приспособления, развились растения с корневой системой. Так шаг за шагом наземная флора завоевывала толщи рухляка, изменяя его характер. Неволосные промежутки между элементами рухляка термического выветривания заполнялись нерастворимыми продуктами химического выветривания, кремнеземной пылью, каолином, окислами железа, алюминия и марганца, вследствие чего быстрый сначала ток воды сменился медленным током по узким трещинам, благодаря чему наземная флора получила возможность исчерпывать полно элементы пищи растений и тогда, говорит В. Р. Вильямс, наступила эпоха единого почвообразовательного процесса, протекающего и в настоящее время.

ЛИТЕРАТУРА

Bassalik K. «Zeitschr. f. Gärungs-Physiol», 2, 17, 1912.
Вернадский В. И. Опыт описательной минералогии. 1908.
Вернадский В. И. Очерки геохимии. 1927.
Вильямс В. М. Почвоведение. М. 1938.
Обручев В. А. Полевая геология, т. II, 1932.
Омелянский В. Л. Роль микроорганизмов в выветривании горных пород. Юбил. сборн., посвящен. акад. Бородину, 1927.
Равич-Щерба Ю. А. О роли микроорганизмов в выветривании горных пород. Архив биологических наук, т. XXVI, 1928.
Соколов Д. В. О микроорганизмах в подпочвенных слоях и о биохимических факторах выветривания. Изв. Акад. Наук СССР, № 5, 1932.
Твенхофел У. Х. с сотрудниками. Учение об образовании осадков. 1936.
Ушинский Н. Т. К вопросу о происхождении серных вод на побережье Каспийского моря. Азерб. нефт. хоз., № 8—9, 1926.

С. П. ЯРКОВ
КАФЕДРА ПОЧВОВЕДЕНИЯ ТСХА

СХЕМА КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЗОНЫ В СВЕТЕ УЧЕНИЯ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

В данной работе мы даем схему классификации почв дерново-подзолистой зоны. В основе эта схема была разобрана еще при жизни акад. В. Р. Вильямса и им одобрена, а часть ее лично им была переведена на английский язык для почвенной карты 1/5.000.000 масштаба, составленной кафедрой для студенческих занятий — под общей редакцией акад. В. Р. Вильямса и проф. В. П. Бушинского.

Почва — природное тело и основное средство производства человека. Существенное свойство почвы, как объекта труда и средства производства, заключается в ее плодородии, т. е. способности производить урожай растений. Высокое плодородие акад. В. Р. Вильямс определяет, как способность почвы удовлетворять растение в воде, пище и других жизненных потребностях одновременно, бесперебойно и в максимально необходимом количестве для развития растений.

Как природное образование, почва обладает природным или естественным плодородием, которое сложилось в результате определенных природных процессов почвообразования. Это природное плодородие зависит, однако, не только от свойств самой почвы, но и от окружающей природной среды в целом, т. е. от климата, условий рельефа, почвообразующей породы, растительности и т. д. Поэтому в понятие природного плодородия почвы входят не только свойства собственно почвы, но и весь комплекс природных условий, в неразрывной взаимосвязи с которыми находится и почва.

Вместе с тем плодородие почв непрерывно изменяется в результате производственной деятельности человека. Маркс говорит: «Хотя плодородие и является объективным свойством почвы, экономически оно все же постоянно предполагает известное отношение к данному уровню развития земледельческой химии и механики и изменяется вместе с этим уровнем развития».[1]

Таким образом, помимо природных условий, почва и ее плодородие исторически развивалось в результате многолетнего и разнообразного производственного воздействия человека на почву. Отсюда следует, что почва не только объект труда человека и средство производства, но и в определенной мере продукт его труда. Акад. В. Р. Вильямс говорит: «В результате взаимоотношений и взаимосвязи мы должны признать как основное положение, что почва есть продукт труда» (подчеркнуто В. Р. Вильямсом, 1938). Таким образом, почва всецело зависит от всей окружающей ее обстановки, изменяется вместе с ней и в определенной мере сама влияет на условия среды. В кратком курсе «Истории Всесоюзной Коммунистической Партии (большевиков)» мы находим: «В противополож-

[1] Маркс. Капитал, т. III, ч. 2, 1923, стр. 313.

ность метафизике диалектика рассматривает природу не как случайное скопление предметов, явлений, оторванных друг от друга, — а как связанное, единое целое, где предметы, явления органически связаны друг с другом, зависят друг от друга и обусловливают друг друга».[1]

К построению классификации почв мы должны подходить с учетом определенных процессов, под влиянием которых создается и изменяется почва в конкретных природных и производительных условиях.

Поскольку основное и объективное свойство почвы заключается в ее плодородии, то и классификация почв, безусловно, должна отражать в себе это объективное и существенное свойство.

В. А. Ковда (1933) указывает: «Вся трагикомедия большинства почвенных классификаций заключается в том, что классифицированы в конечном счете даже не почвы, а, как справедливо пишет Кравков, обстановка, в которой они развиваются, и классификации были не столько классификациями, сколько схемами и описаниями географического распределения почв». Было бы неверно классифицировать только условия, только обстановку, в которой развиваются почвы, но в такой же мере было бы ошибочно недоучитывать эти условия. Почва, как мы видим, неразрывно связана с окружающей ее средой. Если почву изолировать от окружающей ее среды, то она перестанет существовать как почва с происходящими в ней процессами и превратится лишь в физикохимическую массу. Если почву перенести в иную природную обстановку, то ее плодородие также изменится, т. е. климат и прочие условия, окружающие эту почву и влияющие на происходящие в ней процессы, будут уже иные.

Плодородие в большой мере обязано биологическим процессам, происходящим в почве. Акад. В. Р. Вильямс (1938) говорит: «Таким образом, самый факт биологического процесса роста и развития растений, а следовательно, и образование органического вещества заключает в себе моменты, которые приводят к развитию второго элемента плодородия почвы, концентрации в ней элементов пищи растений и азота». «Плодородие присуще не только земной поверхности, но также и гидросфере, или океану»... «...причина плодородия океана, — говорит там же акад. В. Р. Вильямс, — есть обитание его живыми организмами, т. е. качественно та же, что и причина плодородия почвы». Акад. В. И. Вернадский (1934) указывает, что «на зеленом растительном субстрате зиждется вся жизнь моря» и дальше, что «явления, наблюдаемые и на суше — концентрация живых организмов в определенных ее слоях (в почве и около нее), еще ярче проявляются в океане и в других водных вместилищах жизни». Далее там же акад. В. И. Вернадский пишет: «То, что урожаи зеленых растений суши и зеленых растений и животных моря дают близкие цифры, если их отнести на гектар, вероятно, связано с тем, что живое вещество в конце концов является созданием лучистой энергии солнца». Таким образом, зеленое растение как на земной поверхности, так и в гидросфере представляет основной источник энергии, на котором действительно зиждятся все биологические процессы, являющиеся основным условием развития плодородия почвы и океана. Однако развитие растения, синтезирующего органическое вещество из минеральных веществ посредством энергии солнечного луча, неразрывно связано с другим, диаметрально противоположным процессом — процессом минерализации органического вещества микроорганизмами. Процесс создания органического вещества на земной поверхности и в океане немыслим без противоположного ему процесса — разрушения органического вещества. Процесс же разрушения, т. е. минерализация органического вещества, включает в себя одновременно и синтез новых продуктов, как продуктов жизне-

[1] История Всесоюзной Коммунистической Партии (большевиков). Краткий курс под редакцией Комиссии ЦК ВКП(б) Гос. изд. полит. литер., 1938, стр. 101.

деятельности низших организмов, образующих в почве перегной или гумус и другие продукты, взаимодействующие с минеральной частью почвы.

Исходя из этого, с точки зрения почвоведения растительные формации и должны именно пониматься как сочетание высших зеленых растений с определенной группой низших организмов. Акад. В. Р. Вильямс и говорит: «Природные комбинации этих групп зеленых и бесхлорофильных растений называются в почвоведении растительными формациями». В то же время геоботаники могут понимать растительные формации несколько иначе. Акад. В. Р. Вильямс (1938) выделяет растительные формации, обусловливающие определенные процессы в почве. Эти процессы и должны быть положены в основу классификации почв с учетом конкретных условий. Деревянистая растительная формация слагается, по Вильямсу, «из сожительства деревянистых зеленых растений, грибов, актиномицетов и, как это будет видно дальше, анаэробных бактерий».

В данном случае акад. В. Р. Вильямс подчеркивает преобладающую роль грибов в разложении лесной подстилки, не исключая, однако, участия в этом процессе бактерий.

С деревянистой растительной формацией неразрывно связывается подзолообразовательный процесс. Если многие почвоведы в понятии «подзолообразовательный процесс» объединяют все процессы миграции полуторных окислов в определенных климатических условиях, то мы считаем необходимым выделить здесь два основных процесса: первый—перемещение полуторных окислов в трехвалентной форме, которое происходит под лесом, как результат взаимодействия продуктов распада лесной подстилки с элементами породы, что акад. В. Р. Вильямс и считает существом подзолообразовательного процесса, и второй — это перемещение железа и марганца в закисной форме под влиянием процесса оглеения, что может происходить в определенных условиях заболачивания и без участия леса. Эти два процесса принципиально различны между собой и их не следует смешивать. Вместе с тем, необходимо указать, что эти два процесса часто протекают одновременно и при сочетании их миграция полуторных окислов значительно усиливается. При заболачивании железо и марганец переходят в двухвалентную, а потому и более растворимую форму, отчего непосредственно сам процесс оподзоливания протекает значительно интенсивнее.

Подзолообразовательный процесс, в зависимости от характера деревянистой растительности, почвообразующей породы, рельефа местности, климатических условий, различных сочетаний с другими процессами и т. д., имеет многообразные формы проявления.

В тех случаях, когда лесная подстилка содержит меньше дубильных веществ и, следовательно, становится менее кислой, она по своему характеру приближается к остаткам травянистых растений, и в процессе разложения ее на ряду с грибами преобладающее значение приобретают уже бактерии. В данном случае почвообразовательный процесс становится ближе к дерновому типу. Последнее может быть связано с более южными климатическими условиями и характером деревянистой растительности (буроземы), а также с карбонатностью породы и т. д.

Подзолообразовательный процесс, определяющийся деревянистой растительной формацией, должен быть положен в основу классификации почв, как один из природных процессов почвообразования. Нам представляется, что с точки зрения сущности проявления почвообразовательного процесса неправильно было бы класть в основу деления почв такие процессы или ряды, как, например, «элювиальный». Это не отражает самого процесса почвообразования, это есть скорее условие климатического и геологического порядка, т. е. именно то, о чем и говорит В. А. Ковда, что это классификации не собственно почвы, а только условий, только обстановки, в которых находятся почвы. Хотя эти условия находятся в тесной взаимосвязи с харак-

тером самой растительной формации, но все же не они определяют непосредственно сущность процесса почвообразования.

Следующая формация — это травянистая растительность, остатки которой разлагаются в преобладающей своей массе не грибами, а бактериями.

Травянистая растительность обусловливает другой почвообразовательный процесс — дерновый, занимающий по масштабу исключительные размеры.

В зависимости от климатических и других природных условий травянистая растительность имеет различный характер и различное преобладание в сочетании с аэробными или анаэробными бактериями. Исходя из этого, акад. В. Р. Вильямс (1938) выделяет две травянистые растительные формации с точки зрения почвоведения: луговую и степную. «Луговая травянистая растительная формация, в которой сожительствуют луговые травянистые зеленые растения, аэробные бактерии и в резко выраженном преобладании анаэробные бактерии». При сочетании же зеленых травянистых растений в преобладающей массе с аэробными микроорганизмами выделяется «степная травянистая растительная формация, состоящая всего из двух членов, степных травянистых растений и аэробных бактерий».

Итак, мы выделяем дерновый почвообразовательный процесс, причем характер этого процесса в условиях различных зон, а также и в пределах одной и той же зоны, в зависимости от конкретных условий, будет иметь большое многообразие.

На ряду с дерновым почвообразовательным процессом необходимо отметить болотный почвообразовательный процесс, характерными особенностями которого надо считать накопление органического вещества выше поверхности почвы, а также процессы оглеения и миграции железа и марганца в двухвалентной форме.

Все эти грандиозные процессы, протекающие на земной поверхности, дают различное сочетание между собой; вместе с тем в различных зонах и в подзонах, отдельных районах и в зависимости от почвообразующей породы, рельефа, возраста страны и других особенностей они приводят к большому многообразию почв.

При построении классификации почв мы и должны исходить из определенных генетических процессов почвообразования как природных, так связанных с производственной деятельностью человека. Но, поскольку один и тот же процесс в различных условиях приводит к различным формам своего проявления, создавая различные свойства почв, эти процессы и необходимо преломить в тех конкретных условиях, в которых они протекали и протекают. Процессы почвообразования мы будем рассматривать по почвенно-климатическим зонам и подзонам.

В дальнейшем необходимо выделить почвенные провинции и отдельные районы с более однородным комплексом природных условий, приводящим и к более однородным почвенным образованиям, что мы хотим дать в специальной работе.

Производственное воздействие на почву следует рассматривать, с одной стороны, в зависимости от характера этого воздействия и, с другой стороны, с учетом конкретных природных условий, в которых оно происходит.

СХЕМА КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЗОНЫ

Подходя конкретно к классификации почв дерново-подзолистой или лесолуговой зоны, мы должны учесть как природные процессы почвообразования, так и производственное воздействие на почву, которое имело и имеет место на данной территории и резко меняет природные свойства почвы.

Какие же основные процессы почвообразования протекают в лесолуговой зоне, под влиянием которых в различных условиях рельефа местности, почвообразующих пород и пр. формируются различные почвы?

Исходя из вышесказанного, в условиях дерново-подзолистой или лесолуговой зоны мы выделяем следующие основные процессы почвообразования:

1) подзолистый почвообразовательный процесс,
2) дерновый почвообразовательный процесс,
3) болотный почвообразовательный процесс.

Некоторые почвоведы в этой зоне не признают дерновый почвообразовательный процесс самостоятельным, специфическим процессом, хотя считают возможным выделение дерновых почв, которые они относят к так называемому «элювиальному ряду». Не имея возможности остановиться на критике этого мнения, укажем лишь, что это противоречит фактам и понятию о генезисе почвы. Ни в какой мере нельзя считать процесс дерновым только в том случае, если он приводит к образованию черноземных или подобных им почв. Совершенно ясно, что дерновый почвообразовательный процесс в различных условиях климата, рельефа, породы, возраста страны и пр. приводит к различному своему выражению.

Дерновый почвообразовательный процесс в лесолуговой зоне совершенно естественно имеет свое специфическое выражение, здесь он приводит часто к процессу заболачивания, что и служит конкретным выражением данного процесса в определенных условиях. Сомневаться в его существовании и его особой специфичности не приходится, и поэтому в своей классификации мы выделяем дерновые почвы по указанному процессу.

В лесолуговой зоне мы встречаемся с тремя перечисленными процессами почвообразования как в их более или менее чистом выражении, так и, чаще, в сочетании двух или трех процессов одновременно.

Таким образом, если мы возьмем первый процесс, т. е. подзолистый почвообразовательный процесс, то, как говорит акад. В. Р. Вильямс, «В наиболее чистой форме этот процесс протекает под пологом сомкнутого леса» (подчеркнуто В. Р. Вильямсом, 1938). В этом случае в результате многолетнего воздействия леса на породу подзолистый процесс приводит к наиболее сильному выражению и обособлению всех свойств подзолистой почвы. Здесь ему не противостоит дерновый почвообразовательный процесс.

Почву, образовавшуюся в таких условиях, т. е. под влиянием подзолистого процесса в более или менее чистом его виде, когда подзолистый горизонт начинается непосредственно под мертвой подстилкой и дерновый горизонт или отсутствует или почти не развит, мы считаем необходимым, согласно определению акад. В. Р. Вильямса, называть подзолом. При этом в различных условиях рельефа, породы, возраста страны, климата и пр. подзолистый горизонт может быть различной мощности, а также обладать и различными свойствами на ряду с некоторыми общими для них свойствами.

Как уже отмечалось, в особенно сильной форме подзолистый процесс выражается в тех случаях, когда он сочетается с заболачиванием, приводя к образованию так называемых «злостных» подзолов. Эти подзолы должны выделяться особо с указанием признаков и степени заболачивания. Все подзолы целесообразно будет разбить по мощности подзолистого горизонта, что имеет большое производственное значение.

Громадное влияние на подзолистый почвообразовательный процесс имеет почвообразующая порода, рельеф местности и характер климатических условий. Значение материнской породы исключительно велико. Например, на карбонатных породах подзолистый процесс замедлен и часто бывает выражен только в первой своей стадии. Дерновый процесс на карбонатных породах проявляется наиболее сильно, и в условиях лесолуговой

зоны приводит к образованию дерновых темноцветных почв. Замедление подзолистого процесса почвообразования на карбонатных породах обусловливается тремя моментами. Во-первых, наличие большого количества щелочно-земельных оснований задерживает подзолистый процесс на первой стадии. Во-вторых, на карбонатных породах в бо́льшей мере развивается лиственная и широколиственная деревянистая растительность, процесс оподзоливания под которой, как известно, протекает менее интенсивно, чем под хвойной растительностью. Объясняется это тем, что лесная подстилка лиственных деревьев содержит значительно большее количество оснований, чем подстилка хвойных деревьев, а поэтому и продукты ее разложения менее кислы, вследствие чего процесс распада органического вещества в данном случае идет не только в результате деятельности грибов, но в бо́льшей мере под влиянием бактерий. В силу менее кислых продуктов распада этой подстилки процесс оподзоливания замедляется.

Третье обстоятельство заключается в том, что любая деревянистая растительность, произрастающая на карбонатной породе, дает продукты своего отпада, т. е. лесную подстилку, с значительно большим содержанием оснований, чем та же растительность, но произрастающая на бескарбонатных кислых породах, что способствует нейтрализации образующихся кислых продуктов. Вместе с тем наличие оснований усиливает бактериальный процесс разложения лесной подстилки и поэтому в меньшей степени способствует подзолообразовательному процессу. Кроме этого, хорошо развивающаяся на карбонатных породах травянистая растительность также противостоит подзолистому процессу почвообразования.

Таким образом, на карбонатных породах подзолистый процесс замедляется, а дерновый почвообразовательный процесс приобретает более благоприятные условия для своего развития.

Рассматривая подзолистый процесс почвообразования на бескарбонатных породах различного механического состава или даже одного и того же механического состава, но отличающихся в генетическом отношении, можно также отметить существенное различие в проявлении подзолистого процесса.

Остановимся кратко на характере подзолистого процесса на покровных структурных тяжелых пылеватых суглинках. Эти суглинки имеют большое распространение в пределах Московской области и ряда других областей.

В силу своей способности изменяться в объеме при изменении влажности, что обусловлено тяжелым механическим составом, эти суглинки распадаются на крупные призматические отдельности и покрываются системой трещин. Нисходящий ток воды с растворенными в ней кислыми продуктами направляется, главным образом, по трещинам, и поэтому подзолообразовательный процесс происходит наиболее интенсивно в данных местах во всех трех стадиях, не затрагивая часто разрушением остальные части породы внутри структурных отдельностей, где господствует система капиллярных промежутков, проникновение воды в которые сильно затруднено. Подзолообразовательный процесс в этих плотных участках породы почти не протекает.

По системе трещин крупнопризматические отдельности по своим граням покрываются кремнеземистой присыпкой и распадаются на призматические отдельности с увеличивающимся количеством трещин, переходя постепенно в мелкопризматическую структуру, еще более трещиноватую и с большим количеством кремнеземистой присыпки. При дальнейшем оподзоливании этой породы мелкопризматические отдельности переходят в ореховатые и, наконец, мелкие угловатые зернистые отдельности с массой кремнеземистой присыпки, придающей горизонту в сухом состоянии белый оттенок Внутри же структурных отдельностей сохраняется еще красно-бурый цвет породы. Система мелких трещин в этот период прогрессивно возрастает. Зернистые отдельности при дальнейшем их оподзоливании постепенно

теряют свою форму и в горизонте наблюдается появление плитчатости. В этой стадии горизонт распадается на удлиненные и непрочные отдельности, теряет цвет породы и переходит в белесый цвет подзолистого горизонта, сохраняя лишь слабый оттенок цвета почвообразующей породы.

В физическом отношении этот горизонт характеризуется отсутствием той системы трещин, которая имеется в ореховатом горизонте. В этот период наблюдается большое количество мелких и крупных пор в почве.

Горизонт плитчатого сложения постепенно переходит в состояние листового сложения и в конце концов распадается на чешуйчатые отдельности. Цвет горизонта становится совершенно белесым. Такой горизонт также имеет большое количество пор и поэтому в ненарушенном естественном состоянии обладает достаточно хорошей фильтрацией. Но при дальнейшем оподзоливании все поры заполняются аморфной кремнекислотой, горизонт теряет свое листоватое и плитчатое сложение, становится абсолютно бесструктурным, с отсутствием пор и потерей фильтрации.

Таким образом постепенно происходит оподзоливание структурных покровных суглинков, в результате чего резко меняются физические и химические свойства почвы, причем подзолистые затеки по трещинам заходят на большую глубину.

На песчанистых валунных суглинках подзолообразовательный процесс протекает несколько иначе. Песчанистые суглинки, и особенно легкие и средние, в результате наличия в них песчаных и более крупных элементов, значительно уменьшают общую удельную поверхность коллоидных частиц, в силу чего способность их изменяться в объеме при изменении влажности также заметно падает. Поэтому песчанистые суглинки не распадаются на ясно выраженные остроребристые структурные отдельности. Водопроницаемость такой породы более или менее равномерна по всему горизонту и поэтому продукты распада лесной подстилки с нисходящими токами воды взаимодействуют более равномерно со всей массой породы в верхних ее горизонтах, а не только по плоскостям структурных отдельностей.

Подзолистый горизонт на песчанистых суглинках поэтому бывает ясно выражен по всей его мощности, граница его с нижележащим горизонтом обычно также ясная, и только по отдельным трещинам оподзоленность заходит на некоторую глубину в виде затеков.

На породах с более легким механическим составом подзолистый горизонт увеличивает свою мощность вследствие лучшей водопроницаемости, а также в силу того, что мощность подзолистого горизонта при прочих равных условиях должна быть тем большей, чем меньше в породе оснований, что и характерно для пород более легкого механического состава.

Когда механический состав становится особенно легким (рыхлые супеси и пески), подзолистый процесс слабо выражен. Поэтому песчаные почвы и рыхлые супеси, несмотря на то, что они в большинстве случаев бывают заняты лесом, характеризуются слабой оподзоленностью. Ясно выраженный подзолистый горизонт на песках и рыхлых супесях обычно появляется на некоторой глубине, иногда с 30—40 и даже 50 см от поверхности.

Появление подзолистого горизонта в верхней части профиля на песках встречается только в условиях избыточного увлажнения (на понижениях или при других условиях заболачивания). В обычных условиях ясно выраженный подзолистый горизонт в верхней части профиля песчаных почв встречается в тех случаях, когда ниже залегает водоупорная прослойка.

Отсутствие оподзоленного горизонта вверху профиля и наличие его в нижней части и объясняется, повидимому, более быстрой водопроницаемостью песков, явлениями сухости, которые всегда свойственны пескам и рыхлым супесям. При наличии же водоупорной прослойки, которая замедляет нисходящий ток воды с растворенными в ней кислыми продуктами, происходит более продолжительное взаимодействие их с элементами породы,

где и формируется выраженный подзолистый горизонт. Поэтому на контакте с более водоупорной прослойкой в песках и рыхлых супесях всегда обнаруживается оподзоленность. Подзолистый горизонт на большой глубине в песчаных почвах обусловливается также замедлением нисходящего тока воды близ соприкосновения его с почвенными и грунтовыми водами, где и происходит оподзоливание.

Помимо почвообразующих пород подзолистый почвообразовательный процесс на территории СССР существенно изменяется в направлении с запада на восток и с севера на юг.

С запада на восток на территории СССР уменьшается мощность подзолистого горизонта, интенсивность оподзоливания и кислотность почв. Выраженность иллювиального горизонта с запада на восток также заметно падает. Вместе с тем к востоку наблюдается нарастание дернового процесса почвообразования, и поэтому на ряду с подзолистым процессом значительное развитие здесь приобретает дерновый процесс. В ряде же случаев и в восточных районах, как, например, в Западно-Сибирской низменности и на многих плоскогорьях, подзолистый почвообразовательный процесс непосредственно сочетается и сменяется болотным иногда с кратковременной стадией дернового процесса.

В районах крайнего севера преобладает болотный почвообразовательный процесс. Подзолообразовательный процесс здесь не находит достаточного развития и протекает совместно с болотным.

Наоборот, по направлению к югу мы наблюдаем постепенное нарастание дернового процесса в сочетании с подзолистым и в то же время затухание болотного почвообразовательного процесса.

Далее, на ряду с проявлением подзолистого процесса и различных его сочетаний и проявлений, мы можем наблюдать в условиях лесолуговой зоны проявление дернового процесса как в более или менее чистом его виде, так и в сочетании с другими процессами почвообразования.

Дерновый процесс наибольшее свое выражение приобретает на карбонатных породах, где подзолистый процесс или был подавлен, или слабо выражен. В таких условиях дерновый процесс начинает господствовать над подзолистым почвообразовательным процессом. Кроме карбонатности, развитию дернового процесса способствуют и другие условия. Так, дерновые почвы хорошо развиты в долинах рек и в южной части лесолуговой зоны. То же отмечается в восточных районах с большей континентальностью, а также в областях Приморского края и Камчатки, где климат носит муссонный характер. На Камчатке, несмотря на обилие осадков, способствующих развитию деревянистой растительности, мы все же встречаем сильно развитый дерновый процесс почвообразования, приводящий к образованию мощных дерновых почв с большим содержанием перегноя. Эти почвы долгое время называли «камчатскими черноземами». Развиты эти почвы на бескарбонатных породах. Совершенно ясно, что эти дерновые почвы ничего общего не имеют с типичными черноземами, так как дерновый процесс здесь протекает в совершенно иных условиях и поэтому приводит к образованию почв с иными свойствами. Но было бы неправильно отрицать здесь наличие дернового процесса как такового и обобщать эти почвы с почвами только подзолистого процесса.

Таким образом, мы считаем необходимым выделить группу дерновых почв по дерновому процессу почвообразования, где развитие почв обязано травянистой растительности.

Совершенно ясно, что нельзя эти почвы объединять все в одну группу. Необходимо проанализировать все природные условия и, в частности, характер почвообразующих пород, в зависимости от чего почвы должны быть разбиты на соответствующие разности. В пределах того или иного типа, обусловленного специфическими условиями окружающей среды, дерновые

почвы в лесолуговой зоне, кроме этого, могут быть разбиты по мощности и содержанию перегноя.

Болотный почвообразовательный процесс также наблюдается не только в чистом виде, но в сочетании с дерновым или подзолистым процессом, или с дерновым и подзолистым одновременно.

Согласно учению акад. В. Р. Вильямса, болотный почвообразовательный процесс имеет ряд стадий, которые, как отдельные статические моменты единого почвообразовательного процесса, могут быть положены в основу генетической классификации.

Последняя стадия дернового процесса почвообразования и начальная стадия болотного процесса представлены развитием плотнокустовой травянистой растительности, переходящей в осоковое болото. Вторая стадия — зеленомоховое, или гипновое болото, и последняя стадия представлена сфагновым болотом.

В ряде конкретных условий болотные почвы, кроме этого, должны классифицироваться еще и на основе других особенностей. Обычно болотные почвы кислые, но иногда в них встречается полное отсутствие кислотности или даже наличие карбонатности. В таких случаях торф бывает более минерализован и свойства его иные. Поэтому при классификации необходимо учитывать эти особенности болотных почв.

Из вышеприведенного краткого общего разбора условий можно наметить следующие сочетания природных процессов почвообразования.

1. Подзолообразовательный процесс выражен в более или менее чистом виде и достигает значительного развития. Дерновая стадия отпадает или кратковременна. Подзолообразовательный процесс сменяется непосредственно болотным. Образование подзолов, сильно подзолистых почв, подзолов различной степени заболоченности («злостные» подзолы), переходящих в верховые болота.

2. В сочетании с подзолистым почвообразовательным процессом большое развитие приобретает дерновый почвообразовательный процесс. Подзолистый процесс непосредственно сменяется дерновым. Образование дерново-подзолистых почв различной степени оподзоленности и задернованности. Дерново-подзолистые почвы различной степени заболоченности.

3. Подзолистый почвообразовательный процесс слабо выражен, и большое развитие приобретает дерновый почвообразовательный процесс. Образование слабо и средне подзолистых почв различной степени задернованности. Развитие дерновых почв. Районы распространения карбонатных пород. Южная и восточная части лесолуговой зоны.

4. Дерновый процесс сменяется болотным почвообразовательным процессом. Развитие дерновых почв различной степени заболоченности, болотные почвы и торфяники.

5. Непосредственное развитие болотного почвообразовательного процесса. Зарастание озер, водоемов и других водных бассейнов. Образование мощных торфяников. Районы полесья, Западно-Сибирская низменность и др.

На основании вышесказанного можно наметить следующую общую схему классификации почв дерново-подзолистой зоны.

I. Подзолистый почвообразовательный процесс

Подзолистый почвообразовательный процесс в более или менее чистом виде выражен под сомкнутыми хвойными лесами. В таких условиях подзолистый процесс находит свое максимальное выражение с почти полным отсутствием дернового почвообразовательного процесса, а потому и без признаков дернового горизонта.

В этом случае мы выделяем:

1. Подзолы

Подзолы в свою очередь могут быть разделены по мощности на:

а) подзолы мощные, имеющие подзолистый горизонт больше 25 см;

б) подзолы средней мощности с подзолистым горизонтом от 15 до 25 см;

в) подзолы маломощные, имеющие подзолистый горизонт до 15 см.

Кроме того, необходимо выделить подзолы: с признаками заболачивания, слабо, средне и сильно заболоченные. О выделении их по этим признакам будет сказано ниже.

II. Дерновый почвообразовательный процесс

Здесь выделяется группа собственно дерновых почв с хорошо выраженным дерновым горизонтом. Подзолистый горизонт не дифференцирован. В плакорных, внепойменных условиях дерновые почвы связаны исключительно с карбонатной породой и могут быть выделены в группу дерновых перегнойно-карбонатных почв, которые в свою очередь необходимо разделить на следующие разновидности:

1) дерновые карбонатные почвы, вскипающие с поверхности или в пределах пахотного горизонта;

2) дерновые выщелоченные почвы, имеющие вскипание с 40—60 см, при отсутствии признаков подзолистого процесса;

3) дерновые оподзоленные почвы (деградированные); темноцветные дерновые почвы с признаками оподзоливания, но без ясно выраженного подзолистого горизонта.

Все указанные разности, кроме того, необходимо разделить по мощности дернового горизонта на:

1) мощные — дерновый горизонт более 35 см;

2) средней мощности — дерновый горизонт от 20 до 35 см;

3) маломощные — общая мощность перегнойных горизонтов до 20 см.

В большинстве же случаев подзолистый и дерновый процессы дают различное сочетание.

При воздействии на почву дернового и подзолистого процессов мы выделяем дерново-подзолистые почвы.

III. Дерново-подзолистые почвы

В данном случае мы должны отразить в делении этих почв как подзолистый почвообразовательный процесс, так и дерновый.

Подзолистый почвообразовательный процесс, согласно учению акад. В. Р. Вильямса, распадается на три стадии, в связи с чем и подзолистые почвы по степени оподзоленности можно разбить также на три группы.

Деление по степени подзолистости довольно условно и должно проводиться как по морфологическим признакам, так и по данным физикохимических исследований. На деление степени подзолистости по морфологическим признакам часто бывают большие нападки, хотя сколько-либо удовлетворительных физикохимических показателей для деления этих почв никто до сих пор еще не дал, и практически это деление до настоящего времени в полевых условиях производится все же на основе морфологических признаков, которые при умелом их использовании могут дать удовлетворительные результаты.

Более определенно можно говорить о делении на две степени: слабо и сильно подзолистые, или выделение комплексов слабо и средне подзолистых и средне и сильно подзолистых почв.

Несомненно, что некоторые показатели (как кислотность, степень насыщенности основаниями и др.) будут служить придержкой при классифицировании почв. Тем не менее, необходимо подчеркнуть, что если мы имеем

дело с морфологически ясно выраженным подзолистым горизонтом, то он будет обладать резко отличными физическими свойствами и иным соотношением питательных веществ, если даже анализы кислотности, степени насыщенности основаниями и пр. у них дадут близкие показатели.

1. Слабо подзолистые почвы. Подзолистый горизонт не выражен или выражен пятнами. Иллювиальный горизонт слабо развит. Слабо подзолистые почвы формируются в первую стадию подзолистого почвообразовательного процесса и там, где вторая его стадия еще не закончена.

2. Средне подзолистые почвы. Заканчивается вторая стадия подзолистого процесса. Встречаются еще отдельные неоподзоленные пятна в пределах подзолистого горизонта. Подзолистый горизонт на суглинистых разностях небольшой мощности. Иллювиальный горизонт заметно выражен.

3. Сильно подзолистые почвы. Вторая стадия оподзоливания закончена и происходит третья стадия подзолистого процесса. Подзолистый горизонт резко выражен и большой мощности. Иллювиальный горизонт также хорошо развит в случае формирования почв на моренах. На покровных тяжелых пылеватых суглинках иллювиальный горизонт не выражен.

4. Отдельно можно выделить палевоподзолистые и желтоподзолистые почвы. Палевоподзолистые почвы (БССР) имеют светложелтый цвет подзолистого горизонта, что объясняется, повидимому, наличием особых лёссовидных пород. В северных районах желтоподзолистые почвы представляют собой переход к заболоченным почвам, которые не должны смешиваться с незаболоченными налевоподзолистыми почвами и должны выделяться по степени заболоченности.

5. Глубоко подзолистые почвы. Глубоко подзолистые почвы характеризуются осветленным подзолистым горизонтом, расположенным на некоторой глубине от поверхности, обычно на контакте с более водоупорной подстилающей породой, причем выше осветленного подзолистого горизонта залегает неоподзоленный горизонт. Глубоко подзолистые почвы по механическому составу представлены исключительно песками и рыхлыми супесями.

Кроме деления почв по степени подзолистости, все вышеуказанные разности должны быть разделены по степени выраженности дернового процесса:

1) слабо дерновые — дерновый горизонт не более 10 см:
2) средне дерновые — дерновый горизонт от 10 до 20 см;
3) глубоко дерновые — дерновый горизонт более 20 см.

В целом, таким образом, дерново-подзолистые почвы имеют следующее деление, что и было принято акад. В. Р. Вильямсом:

1) слабо подзолистые слабо дерновые;
2) слабо подзолистые средне дерновые;
3) слабо подзолистые глубоко дерновые и т. д., т. е. в дерново-подзолистых почвах отмечается степень подзолистости и степень задернованности.

Кроме этого, необходимо выделить темноцветные дерново-подзолистые почвы, которые характеризуются наличием подзолистого горизонта и темным дерновым горизонтом.

На бескарбонатных породах эти почвы обычно связаны с условиями повышенного увлажнения, а поэтому на ряду с темным дерновым горизонтом они в той или иной степени заболочены. Деление по степени заболоченности указано ниже.

Болотный почвообразовательный процесс может протекать или в сочетании с подзолистым и дерновым процессами, или выражен самостоятельно.

При сочетании болотного почвообразовательного процесса с каким-нибудь другим мы выделяем соответствующую разность с указанием на признаки заболачивания.

В том случае, когда болотный почвообразовательный процесс развит самостоятельно, т. е. доминирует над другими процессами, мы выделяем собственно болотные почвы.

Почвы поверхностного заболачивания

1) Почвы с признаками заболачивания. На фоне основной почвенной разности наблюдаются железо-марганцевая пунктуация и конкреции, местами образующие небольшие скопления.

2) Почвы слабо заболоченные. Характеризуются наличием заметного содержания железо-марганцевых конкреций в дерновом и частично подзолистом горизонте. Ниже встречаются глеевые и ржаво-охристые пятна.

3) Почвы средне заболоченные. В верхних горизонтах большое количество ржаво-охристых пятен и железо-марганцевых конкреций. В глубоких горизонтах обилие глеевых пятен.

4) Почвы сильно заболоченные. Характеризуются почти сплошным оглеением в нижних горизонтах и, частично, в верхних горизонтах.

Почвы грунтового заболачивания

1) Почвы контактного заболачивания. Наличие оглеенного горизонта с ржаво-охристыми пятнами на контакте с подстилающей более водоупорной породой и почвенными или грунтовыми водами.

2) Почвы грунтового заболачивания. Также могут делиться по степени заболоченности.

Указанные варианты различной степени заболоченности выделяются на фоне основной почвенной разности. Таким образом, по степени заболоченности будут выделяться подзолы различной степени заболоченности, дерновые почвы различной степени заболоченности, дерново-подзолистые почвы различной степени заболоченности и, наконец, темноцветные дерново-подзолистые почвы на бескарбонатных породах; некоторые из них также, как правило, несут на себе всегда признаки заболоченности и должны быть разделяемы по этим показателям. Дальнейшее увеличение степени заболоченности дает возможность выделять болотные почвы с указанием другого процесса почвообразования, в сочетании с которым находится процесс заболачивания.

Подзолисто-болотные почвы

1) Подзолисто-оглеенные почвы. Наличие подзолистого горизонта и глей пятнами.

2) Подзолисто-глеевые почвы. Наличие подзолистого горизонта и сплошной глеевый горизонт.

3) Торфянисто-подзолисто-оглеенные почвы. Торф до 20 см и глеевый горизонт в виде пятен.

4) Торфянисто-подзолисто-глеевые почвы. Торф до 20 см и сплошной глеевый горизонт.

5) Торфяно-подзолисто-оглеенные почвы. Наличие торфа от 20 до 40 см и глей пятнами.

6) Торфяно-подзолисто-глеевые почвы. Торф от 20 до 40 см и сплошной глеевый горизонт.

Кроме указанных разностей, необходимо выделить варианты с гумозно-железистым ортштейном.

37-1

Дерновые почвы заболоченные

Болотный почвообразовательный процесс часто накладывается на дерновый процесс. Дерновые почвы, подвергающиеся процессу заболачивания, в большинстве случаев залегают на пониженных элементах рельефа и заболачиваются поверхностными водами.

Процесс заболачивания неразрывно связан с созданием анаэробных условий, при которых происходит восстановление окисных соединений железа в закисные.

Закисные формы железа легко растворимы (особенно в перегнойных кислотах); при выходе на поверхность они быстро окисляются железобактериями и переходят в нерастворимые соединения. Этим объясняется, что дерновые почвы в большинстве случаев бывают заболочены железистыми водами.

В данной группе необходимо выделить следующие разности:

1) Дерновые оглеенные почвы. Развит дерновый горизонт. Отсутствует подзолистый горизонт, глей пятнами.

2) Дерновые глеевые почвы. То же, но глей сплошной.

3) Торфянисто-дерновые оглеенные почвы. Торфяной горизонт до 20 см. Наличие дернового горизонта, глей пятнами.

4) Торфянисто-дерновые глеевые почвы. То же, глей сплошной.

5) Торфяно-дерновые оглеенные почвы. Торф более 20 см. Наличие дернового горизонта, глей пятнами.

6) Торфяно-дерновые глеевые почвы. То же. Глей сплошной.

Собственно болотные почвы

Болотные почвы могут быть разделены по типам болот, на:

1) осоково-травяные болота;
2) собственно осоковые болота (в большинстве случаев низинные);
3) осоково-гипновые болота;
4) зеленомоховые или гипновые болота;
5) осоково-сфагновые болота;
6) гипново-сфагновые болота;
7) собственно сфагновые болота.

По еще более простой схеме они могут быть разбиты на:

1) осоковые болота (или низинные);
2) зеленомоховые или гипновые болота (переходные);
3) сфагновые болота (верховые).

Кроме того, все приведенные варианты болотных почв могут быть разделены по мощности торфа на:

1) торфяно-болотные почвы (торф до 50 см);
2) торфяники:

а) маломощные (торф от 50 до 100 см),
б) среднемощные (торф от 100 до 200 см),
в) мощные (торф более 200 см).

Болотные почвы без торфа должны быть выделены особо, как илисто-болотные почвы.

Далее болотные почвы необходимо различать по характеру торфа и степени его разложения (известковый, вивианитовый, охристый сапропелевый волокнистый, сильно разложившийся и др.).

ДЕЛЕНИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ И ДЕРНОВЫХ ПОЧВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МАТЕРИНСКОЙ ПОРОДЫ

Разобранное выше деление по степени подзолистости и задернованности применимо к целинным почвам; при распашке же почв возможность выделения задернованности утрачивается, если мощность дернового гори-

зонта меньше пахотного слоя. Кроме этого, в ряде случаев после распашки трудно бывает установить степень подзоленности, особенно на почвах тяжелого механического состава. Тем не менее все же должно быть сохранено какое-то деление по генетическим признакам для почв, вовлеченных в культуру. В этом случае громадное значение приобретает деление почв по характеру материнских пород, помимо деления их по механическому составу.

Остановимся еще кратко на некоторых закономерностях, присущих почвам на различных почвообразующих породах, относя более подробный разбор этого вопроса к специальной работе.

I. Дерново-подзолистые почвы на морене

Почвы, развитые на валунных моренных суглинках, по механическому составу обычно относятся к легким или средним песчанистым суглинкам; тяжелые песчанистые суглинки встречаются реже. По степени подзолистости это, главным образом, сильно и средне подзолистые и, весьма редко, слабо подзолистые почвы. Подзолистый горизонт большой мощности — до 40—50 см и больше. Эти почвы поэтому могут называться мощно подзолистыми. Ортштейновый горизонт их хорошо выражен и ясно граничит с подзолистым горизонтом.

При воздействии травянистой растительности в этих почвах быстро развивается дерновый горизонт, иногда значительной мощности. При окультуривании почв, несмотря на мощный подзолистый горизонт, весьма быстро создается культурный пахотный слой, прокрашенный перегноем. Однако ниже все же еще сохраняется хорошо выраженный подзолистый горизонт, вследствие его большой мощности.

Более быстрое развитие дернового горизонта в природных условиях и легкое окультуривание верхнего горизонта объясняется песчанистым механическим составом. При углублении пахотного слоя выворачивание подзолистого горизонта не представляет большой опасности при условии соблюдения надлежащих мероприятий окультуривания. Закладка кротового дренажа на этих почвах затруднена в виду наличия валунов, препятствующих работе кротового плуга, а также в силу неустойчивости дрены и быстрого заплывания, вследствие песчанистого механического состава почв.

После распашки утрачивается смысл деления этих почв по степени подзолистости и задернованности. Поэтому все почвы, развитые на этой породе, могут быть объединены в одну группу дерново-подзолистых почв на морене с делением их по механическому составу на легкие, средние и тяжелые песчанистые суглинки. Деление почв по заболоченности безусловно сохраняется.

II. Дерново-подзолистые почвы на покровных структурных суглинках

Почвы, развитые на покровных структурных суглинках, существенно отличаются от почв на моренных валунных суглинках. По механическому составу они характеризуются, как тяжелые пылеватые суглинки (иногда их называют глинистыми). По степени подзолистости они бывают преимущественно слабо и средне подзолистые и, реже, сильно подзолистые. Сильно подзолистые связаны с заболачиванием. Подзолистый горизонт этих почв постепенно переходит в нижележащий горизонт и затеками, вследствие обилия трещин, далеко опускается в материнскую породу. Ортштейновый горизонт обычно не имеет выражения. Только по граням структурных отдельностей заметна «лакировка» в виде темнобурого налета.

Задернованность этих почв в естественных условиях идет значительно медленнее, чем на моренных суглинках; дерновый горизонт небольшой мощности. Дерновый и подзолистый процессы часто сменяются болотным.

Окультуривание и создание глубокого пахотного горизонта происходит также значительно медленнее, что объясняется тяжелым механическим составом. Эти почвы могут также быть объединены в одну группу как дерново-подзолистые почвы на покровных структурных суглинках.

При некотором заболачивании в условиях временного избыточного увлажнения на этих породах развивается более мощный подзолистый горизонт с признаками оглеения. Кислотность почв в таких случаях сильно возрастает. Эта разность должна выделяться особо. Неосторожное выворачивание на злостных подзолах подзолистого горизонта наверх без окультуривания приводит к созданию неблагоприятных физических свойств пахотного горизонта, исправление которых представляет значительные трудности.

На по́чвах, развитых на покровных структурных суглинках, возможно применение кротового дренажа, так как он здесь обладает большой устойчивостью при условии закладки его в горизонте призматической структуры (на глубине 70—80 см).

Потребность в дренаже этих почв большая, так как водопроницаемость их невелика. В бесструктурном же состоянии верхний горизонт совершенно утрачивает водопроницаемость, и вода проникает вглубь только по капиллярам. Во всех небольших понижениях, на этих породах, как правило, наблюдается временное избыточное увлажнение с характерными признаками заболачивания.

III. Дерново-подзолистые почвы на лёссовидных суглинках

Дерново-подзолистые почвы, развитые на лёссовидных суглинках, по степени подзолистости бывают обычно сильно, средне и очень редко слабо подзолистые. На различной глубине эти суглинки подстилаются прослойкой песка или супеси и ниже мореной.

По механическому составу эти почвы будут характеризоваться, как легкие и средние пылеватые суглинки. В БССР они, как правило, легкие, в Московской, Смоленской, Ивановской, Ярославской, Калининской, Горьковской областях — легкие и средние суглинки.

Необходимо подчеркнуть, что средние и особенно легкие пылеватые лёссовидные суглинки представляют исключительно благоприятный механический состав. Они обладают хорошей естественной водопроницаемостью, вместе с тем достаточно хорошо удерживают влагу. При развитии травянистой растительности они довольно быстро задерновываются с созданием глубокого дернового горизонта, а также хорошо окультуриваются.

Легкие и средние пылеватые лёссовидные, а также легкие песчанистые суглинки представляют весьма благоприятные почвы, особенно для льна, не затрудняя развитие его корневой системы. Основные наши льноводческие районы характеризуются почвами именно такого механического состава.

Поскольку по степени подзолистости эти почвы часто бывают близки между собой, а после окультуривания и глубокой распашки разделить их по степени подзолистости вообще не представляется возможным, то основное деление их должно итти по породам и механическому составу.

IV. Дерново-подзолистые почвы на лёссе

Дерново-подзолистые почвы на лёссе обычно по механическому составу— легкие пылеватые суглинки. По степени подзолистости — преимущественно средне подзолистые, реже сильно подзолистые.

Механический состав этих почв особенно благоприятен с точки зрения физических свойств, водопроницаемости и достаточно хорошей способности сохранять влагу. Эти почвы хорошо окультуриваются и должны выделять-

ся в особую группу. На лёссах иногда наблюдается также развитие так называемых желто- или палевоподзолистых почв, которые по степени оподзоленности стоят ближе к сильно подзолистым. Характеризуются они такими же благоприятными свойствами, как и вышеописанные почвы.

V. Дерновые карбонатные почвы на лёссах

Дерновые карбонатные почвы на лёссах особенно благоприятны по своим природным свойствам. По механическому составу они также легкие пылеватые суглинки. В большинстве случаев эти почвы выщелоченные или с признаками оподзоленности и должны быть разделены на: 1) выщелоченные и 2) оподзоленные (как указано выше в классификации); реже они бывают карбонатные. Вместе с тем, в районах распространения лёсса широко развиты почвы различной степени смытости, которые должны быть отмечены особо.

VI. Дерново-подзолистые почвы на пылеватых супесях

Необходимо выделить дерново-подзолистые почвы на пылеватых супесях. По степени подзолистости они обычно средне и сильно подзолистые и редко — слабо подзолистые. По своим свойствам эти почвы близки к дерново-подзолистым почвам, развитым на легких пылеватых лёссовидных суглинках и могут даже быть с ними объединены. На этих почвах также быстро создается дерновый горизонт и они легко окультуриваются. Углубление пахотного горизонта также может происходить быстро.

VII. Дерново-подзолистые почвы на песчанистых супесях

Помимо деления этих почв на супеси грубые и тонкие, необходимо разделить их на супеси связные и рыхлые.

Супеси связные с содержанием физической глины 15—25% обычно характеризуются средней и сильной степенью оподзоленности и достаточно благоприятными свойствами. Супеси рыхлые, с содержанием физической глины 10—15%, обычно бывают глубоко подзолистые, т. е. подзолистый горизонт их находится на некоторой, и часто большой, глубине от поверхности. При глубоком залегании грунтовых вод и отсутствии условий избыточного увлажнения на рыхлых супесях почвы обычно характеризуются, как слабо подзолистые.

VIII. Подзолистые пески

Помимо деления песков на грубые, среднезернистые и тонкие, они должны быть разбиты также на группы связных и рыхлых или сыпучих песков.

По степени подзолистости в условиях отсутствия повышенного увлажнения, как правило, они слабо подзолистые с глубоко залегающим подзолистым горизонтом.

Так же, как и супеси, пески необходимо разделить по характеру их происхождения. Кроме этого, супеси и пески делятся по степени увлажнения, связанного как с уровнем залегания вод, так и условиями рельефа. Степень подзолистости их в случаях заболачивания сильно возрастает.

ДЕЛЕНИЕ ПОЧВ ПО ГИДРОЛОГИЧЕСКИМ ОСОБЕННОСТЯМ И ЭРОДИРОВАННОСТИ

Помимо указанного деления почв по породам, необходимо проводить деление их по гидрологическим особенностям и эродированности:

1) почвы нормального увлажнения, залегающие на плато, пологих склонах и водоразделах с отсутствием признаков заболачивания и процессов смыва;

2) почвы повышенного увлажнения (понижения и другие отрицательные элементы рельефа); эти почвы всегда несут на себе признаки заболачивания; по глубине залегания грунтовых вод деление проводится особо.

3) почвы эродированных участков (расчлененные плато, водоразделы и склоны).

По степени эродированности необходимо выделить:

1) слабо смытые с укороченными верхними горизонтами (часто в связи с этим их называют слабо подзолистыми почвами);

2) средне смытые, когда в пахотный горизонт вовлекается уже переходный горизонт;

3) сильно смытые, когда на поверхность выходит иллювиальный горизонт;

4) намытые почвы; почвы делювиальных склонов.

КУЛЬТУРНЫЕ УГОДЬЯ

Деление почв по степени культурности должно подвергнуться специальной проработке, с учетом всей истории культуры данной территории. Ниже мы даем только частное и ориентировочное деление по степени культурности.

1) Целинные почвы (с указанием характера травянистой растительности).

2) Многолетние залежи.

3) Перелоги.

4) Леса (по характеру лесонасаждения).

5) Кустарники.

6) Выгоны и старые пастбища.

7) Вновь освоенные почвы (с указанием характера освоенного угодья).

8) Старопахотные почвы:

а) вышаханные,

б) слабо унавоженные,

в) средне унавоженные,

г) сильно унавоженные (приусадебные почвы, старые конопляники, огороды и др.),

д) известкованные,

е) гипсованные,

ж) сильно заправленные минеральными удобрениями,

з) почвы, подвергнутые дренажу, и орошаемые участки,

и) почвы, подвергнутые плантажу.

ЛИТЕРАТУРА

Бушинский В. П. Вопросы агротехники высоких урожаев. Большевик, № 17, 1939.

Вернадский В. И. Очерки геохимии. 4-е изд. Г. Г. Н. И. 1934, стр. 180 и 181.

Вильямс В. Р. Почвоведение. Сельхозгиз, 1938, стр. 56, 65, 78, 188.

Герасимов И., П., Завалишин А. А. и Иванова Е. Н. Новая схема общей классификации почв СССР. Почвоведение, № 7, 1939.

Ковда В. А. Принципы классификации почв. Задачи и методы почвенных исследований. Тр. сов. секц. межд. ассоц. почвоведов, т. II, Сельхозгиз, 1933.

С. П. ЯРКОВ
КАФЕДРА ПОЧВОВЕДЕНИЯ ТСХА

СХЕМА КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ ЛЕСОСТЕПНОЙ И ЧЕРНОЗЕМНОЙ ЛУГОВОСТЕПНОЙ ЗОН

В данной статье мы даем схему классификации, которой придерживаемся при почвенных исследованиях, исходя из основных положений акад. В. Р. Вильямса. Над дальнейшей разработкой классификации мы продолжаем работу под руководством проф. В. П. Бушинского.

За последнее время в классификацию введено много новых названий, из которых многие менее удачны нежели те, которые были предложены раньше, широко вошли уже в литературу и освоены большим кругом почвоведов, агрономов и практиков сельского хозяйства. Разработка классификации, идущая, в сущности, по пути умножения названий, еще не способствует улучшению классификации почв. Мы считаем, что здесь кроется одна из тех причин, которые еще в большей степени запутывают классификацию. Акад. В. Р. Вильямс ставил вопрос о введении единой терминологии, что давно сделано во многих науках, и о прекращении той «чехарды», которая существует до настоящего времени с терминологией в почвоведении и от которой страдает как сама наука почвоведение, так и практика. Поэтому в данной схеме, не претендуя на оригинальность, мы придерживаемся в основном тех названий, которые давно и достаточно прочно вошли в литературу и более понятны и доступны широким кругам как почвоведов и агрономов, так и практиков сельского хозяйства.

В эти названия мы вкладываем определенные представления о происхождении той или иной почвенной разности, исходя из положений классиков почвоведения В. В. Докучаева и акад. В. Р. Вильямса. В вопросах своеобразия процессов почвообразования в лесостепной и черноземной областях мы исходим из положений, выдвинутых впервые В. В. Докучаевым и акад. В. Р. Вильямсом, разделяемых также проф. И. В. Тюриным и др.

ЛЕСОСТЕПНАЯ ЗОНА

Природный процесс почвообразования лесостепной зоны складывается из двух основных процессов — это подзолистый процесс лесостепи, обусловленный деревянистой растительной формацией, и дерновый процесс луговой степи — черноземный почвообразовательный процесс. Как подзолистый, так и черноземный процессы в лесостепи имеют некоторые отличия сравнительно с другими зонами.

Надо сказать, что лесостепь, как переходная зона, сложилась исторически, имеет свои генетические особенности и должна быть выделена в самостоятельную «переходную — комплексную» зону, как ее выделял в свое время В. В. Докучаев. Акад. В. Р. Вильямс также выделял лесостепь, учитывая ее возраст и характерные природные отличия от других зон.

В классификации почв и в вопросах правильной организации территории и построения системы агротехнических мероприятий необходимо учитывать условия лесостепи.

Остановимся кратко на характерных особенностях проявления подзолистого и черноземного почвообразовательного процессов в данных условиях.

Прежде всего надо подчеркнуть, что в лесостепной зоне общие физико-географические условия давали и дают возможность в одинаковой мере развиваться как деревянистой, так и травянистой луговостепной растительности. Показателем благоприятных условий развития деревянистой растительности в данной зоне можно считать тот факт, что лес свободно развивается на водоразделах. Естественное развитие деревянистой растительности на водоразделах в условиях черноземной зоны затрудняется, и леса переходят в балки и на террасы рек.

Существенное свойство лесостепи — это одновременное и свободное сочетание травянистой луговостепной растительности и деревянистой растительной формации с произрастанием последней на открытых водоразделах.

Рассматривая лесостепь с точки зрения сельскохозяйственной, нужно отметить, что по сравнению со всеми другими почвенно-климатическими зонами здесь исторически наблюдается развитие более широкого ассортимента сельскохозяйственных культур. Даже при самых обычных условиях агротехники в лесостепи хорошо развиваются почти все сельскохозяйственные культуры, принятые в севооборотах подзолистой и черноземной зон.

Таким образом, мы имеем такое сочетание природных условий, которое давало и дает возможность при наименьшем напряжении и затратах развивать наиболее богатый ассортимент сельскохозяйственных культур, что характерно именно для лесостепной зоны. Все это говорит о необходимости ее выделения на ряду с другими почвенно-климатическими зонами.

В чем же специфичность развития подзолистого и черноземного процессов в условиях лесостепи?

Лесостепная зона представляет собой южную границу распространения лесов. В виду этого подзолистый почвообразовательный процесс здесь не может проявляться в той же степени, как в условиях более северной дерново-подзолистой лесолуговой зоны.

Во-первых, в связи с общими физикогеографическими условиями состав деревянистой растительности здесь иной, чем в более северных районах. В лесостепи мы наблюдаем преобладание лиственной и широколиственной растительности. Влияние характера деревянистой растительности на подзолистый почвообразовательный процесс можно считать общеизвестным в том смысле, что лиственные и, особенно, широколиственные породы оподзоливают значительно слабее, чем, например, хвойные, так как продукты распада лесной подстилки у хвойных намного кислее, чем у лиственных и, тем более, у широколиственных пород, и в разложении последних на ряду с грибами значительную роль играют бактерии, что замедляет подзолообразовательный процесс.

Вторая особенность заключается в том, что климатические условия лесостепи существенно отличаются от условий лесолуговой зоны.

Климатические условия лесостепи носят более южный характер, с меньшим количеством осадков и более высокой температурой как средней годовой, так и по сезонам. Распределение осадков также своеобразно. Кроме этого, здесь не наблюдается такого заметного преобладания выпадающих осадков над испарением, как в лесолуговой зоне. Нисходящие токи воды в лесостепной зоне менее ярко выражены, чем в подзолистой. Все это также сказывается на проявлении подзолистого процесса в сторону его затухания.

Третье условие, влияющее на подзолистый почвообразовательный процесс, — это почвообразующая порода.

В лесостепной зоне в большинстве случаев преобладает карбонатная порода, оказывающая на подзолистый почвообразовательный процесс исключительно большое влияние. Как уже было разобрано в классификации почв дерново-подзолистой зоны, карбонатная порода, с одной стороны, непосредственно задерживает подзолистый процесс наличием большого количества в ней оснований, с другой стороны, продукты разложения деревянистой растительности, произрастающей на карбонатной породе, содержат больше оснований и поэтому оподзоливающее их действие значительно меньше, чем у подстилки лесов, произрастающих на кислых бескарбонатных породах.

Все вышесказанное свидетельствует о том, что в лесостепи подзолистый почвообразовательный процесс должен иметь иное, менее интенсивное проявление, чем в типичной подзолистой зоне. Поэтому в лесостепи мы не наблюдаем подзолов (типичных) и почв сильной степени оподзоленности. В большинстве случаев подзолистые почвы лесостепи при сравнении их с почвами дерново-подзолистой зоны будут характеризоваться в целом как слабо подзолистые. Вместе с тем необходимо отметить, что дерновый почвообразовательный процесс в условиях лесостепи обычно нарастает, особенно в тех условиях, где подзолистый процесс затухает.

Таким образом, дерновый почвообразовательный процесс в лесостепной зоне имеет более яркое выражение, чем в лесолуговой.

Вместе с тем необходимо указать на специфичность проявления черноземного почвообразовательного процесса в лесостепи. Если по сравнению с дерново-подзолистой зоной лесостепная имеет более южный характер, то сравнительно с типичной черноземной луговостепной зоной, наоборот, лесостепь оказывается более северной зоной для развития луговостепной растительности и проявления черноземного почвообразовательного процесса. В лесостепи в значительно большей степени количество выпадающих осадков преобладает над испарением, чем в типичной черноземной зоне. Следовательно, в лесостепи черноземный луговостепной почвообразовательный процесс будет протекать в условиях большей влажности и с большим преобладанием нисходящих токов воды, чем в типичной черноземной зоне. Все это отражается на характере развивающихся здесь черноземов.

Несомненно, что хотя лесостепная зона неоднородна в различных частях и существенно изменяется с севера к югу и, особенно, с запада на восток, все же в той или иной части она будет существенно отличаться от прилегающей к ней более северной — дерново-подзолистой и более южной — черноземной зон.

Черноземам лесостепи свойственна некоторая недонасыщенность основаниями и часто пониженное вскипание, т. е., иначе говоря, некоторая выщелоченность. «Выщелоченность» черноземов лесостепи нельзя рассматривать, как «вторичный» процесс, который якобы наложился в самый последний период времени на так называемые типичные, невыщелоченные черноземы. Ненасыщенность основаниями и «выщелоченность» характерны для лесостепных черноземов как особое проявление черноземного почвообразовательного процесса луговой степи в более северных условиях, чем в типичной луговостепной черноземной зоне.

Таким образом, черноземы лесостепи, обнаруживая некоторые признаки выщелоченности, представляют собой результат своеобразного проявления дернового процесса луговой степи в специфических и более влажных условиях сравнительно с обычными условиями черноземной зоны. Особенное влияние оказывает производственная деятельность человека, когда ненасыщенность почв исчезает и появляются почвы, уже значительно насыщенные основаниями.

При классификации почв лесостепной зоны мы должны исходить из разобранных выше двух процессов почвообразования и их сочетаний, име-

ющих здесь некоторые особенности. Вместе с тем, в классификации должно быть учтено влияние производственной деятельности человека.

Группу почв, выделяемых в настоящее время как «оподзоленные почвы лесостепи», правильнее рассматривать не как вторично подзолистые, а как в некоторой мере аналоги дерново-подзолистых почв лесолуговой зоны, т. е. как сочетание двух процессов: подзолистого процесса лесостепи и дернового процесса луговой степи с большим или меньшим участием той или иной растительности, а не обязательно путем деградации вполне сформировавшегося чернозема.

Ряд — подзолистые почвы лесостепи до так называемых оподзоленных черноземов представляет собой ряд последовательного ослабления влияния деревянистой и увеличения участия травянистой растительности в формировании почв. Поэтому по своеобразному проявлению подзолистого и дернового процессов луговой степи в качественно иной природной обстановке, исходя из учения В. В. Докучаева и акад. В. Р. Вильямса, придерживаясь наиболее установившейся и распространенной терминологии, мы выделяем следующие почвы.

I. Лесные и переходные почвы лесостепи

1. Серые подзолистые почвы лесостепи. Имеют ясную дифференциацию на горизонты с выраженным подзолистым горизонтом. Эти почвы могут быть разделены по степени подзолистости и задернованности.

2. Светлосерые лесостепные почвы. Имеют светлосерый перегнойный горизонт с обильной кремнеземистой присыпкой, ореховато-чешуйчатой структуры.

3. Серые лесостепные почвы. Перегнойный горизонт серой окраски, ореховатой структуры с хорошо выраженной кремнеземистой присыпкой по граням структурных отдельностей.

4. Темносерые лесостепные почвы. Перегнойный горизонт темносерой окраски, мелкоореховатой структуры с ясно выраженной кремнеземистой присыпкой. Передвижение полуторных окислов заметно.

По дерновому процессу луговой степи выделяем северные черноземы лесостепи.

II. Северные черноземы лесостепи

1. Так называемые оподзоленные (деградированные) черноземы. Под названием оподзоленных (или деградированных) черноземов мы понимаем те черноземы, которые несут на себе признаки воздействия подзолистого процесса под влиянием деревянистой растительности. При этом влияние деревянистой растительности мы не рассматриваем обязательно как последующее оподзоливание, вследствие надвигания леса на степь, а считаем, что это оподзоливание могло быть результатом бывшего влияния леса еще до степной растительности, а также результатом той сложной борьбы лесной и луговостепной растительности, которая протекала в условиях лесостепи, давая различные сочетания между собой и их одновременное воздействие на почву.

Оподзоленные черноземы имеют признаки подзолистого процесса, т. е. наличие присыпки SiO_2 со слабым, но все же заметным перемещением полуторных окислов. Горизонт вскипания обычно понижен. Эти черноземы характеризуются ненасыщенностью основаниями. Насыщенность их около 75—80 и 85%.

2. Сильно выщелоченные черноземы. Под сильно выщелоченными черноземами мы понимаем черноземы без заметных признаков оподзоливания, хотя кремнеземистая присыпка может быть обнаружена. Карбонаты вынесены на значительную глубину и между перегнойным горизонтом и линией

вскипания залегает бескарбонатный, бесперегнойный, выщелоченный горизонт. Эти черноземы характеризуются также некоторой ненасыщенностью основаниями, но передвижения полуторных окислов незаметно. Насыщенность их около 80—85%.

3. Выщелоченные черноземы и слабо выщелоченные черноземы. Выщелоченные и слабо выщелоченные черноземы отличаются различной ненасыщенностью основаниями и залеганием горизонта вскипания: у выщелоченных черноземов вскипание — на границе перегнойных горизонтов или несколько ниже перегнойного горизонта, насыщенность колеблется от 75 до 90%; у слабо выщелоченных — выше насыщенность основаниями (около 90—95%) и вскипание отмечается в пределах перегнойных черноземов.

Все указанные черноземы могут быть разделены на разности по мощности (мощные, средней мощности и маломощные), а также по количеству содержания перегноя (тучные, средне гумусные и мало гумусные).

Кроме этого, в лесостепи необходимо выделять так называемые реградированные почвы лесостепи или почвы, вторично насыщенные основаниями. Это явление наблюдается как среди лесостепных, так и черноземных почв. Появление насыщенности основаниями этих почв вместе с повышением горизонта вскипания представляет результат производственной деятельности человека, имеющий большое место в лесостепной области, как в плакорных условиях, так и особенно по террасам рек.

Дальнейшее подразделение почв лесостепной зоны будет разобрано вместе с почвами черноземной зоны.

СХЕМА КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ ЛУГОВОСТЕПНОЙ ЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

Акад. В. Р. Вильямс в своих работах и в установках, которые он давал, считал совершенно необходимым выделять те подзоны черноземов, которые в основном были намечены еще В. В. Докучаевым и его учениками. Эти подзоны имеют определенные существенные отличия между собой по целому комплексу природных условий и учитываются в вопросах построения системы агротехнических мероприятий.

Таким образом, деление черноземов мы ведем по следующим подзонам помимо выделенной выше лесостепной зоны:

1. Подзона мощных и тучных черноземов.
2. Подзона обыкновенных черноземов.
3. Подзона южных черноземов.

1. Подзона мощных и тучных черноземов

В западной и центральной частях этой подзоны выделяются мощные черноземы с глубиной перегнойных горизонтов более 90—100 см, причем содержание перегноя в мощных черноземах может быть значительно меньше 10%, особенно в западной части подзоны.

В восточной части этой подзоны черноземы мощные сменяются тучными, у которых мощность перегнойных горизонтов меньше, но количество перегноя в верхних горизонтах достигает более 10%, а иногда доходит до 20%. Мощным и тучным черноземам свойственна некоторая недонасыщенность основаниями, насыщенность их около 90—95%. Горизонт вскипания расположен в пределах нижней границы гумусового горизонта, причем глубина вскипания обычно зависит от мощности перегнойных горизонтов, а на участках, лишенных перегнойной окраски, вскипание может подниматься и выше.

1) Мощные черноземы. Глубина прокраски перегноем более 90—100 см, причем колебание мощности достигает от 90 до 150 и 200 см. В виду этого

мощный чернозем может быть разбит на разности по мощности, что обычно связано с рельефом местности и древней перерытостью землероями.

2) Тучные черноземы характеризуются содержанием перегноя больше 10% и, в зависимости от мощности, могут быть разбиты на три разности:

а) тучный чернозем мощная разность;

б) тучный чернозем средней мощности;

в) тучный чернозем маломощный.

Различная мощность тучного чернозема в пределах одной территории обычно связана с условиями рельефа местности, что и необходимо отмечать. Тучность черноземов, как это установлено было еще В. В. Докучаевым, в данных условиях несомненно связана с глинистостью почвообразующей породы.

Подзону мощных и тучных черноземов можно считать в некоторой мере южной частью лесостепи, где мы еще встречаем деревянистую растительность и иногда лесостепные почвы. Для европейской части подзоны мощных и тучных черноземов характерно некоторое, хотя и небольшое, преобладание количества выпадающих осадков над испарением.

2. Подзона обыкновенных черноземов

Для этой подзоны в европейской части нашего Союза характерно, что количество выпадающих осадков и испарение равны между собой. Насыщенность этих черноземов основаниями Ca и Mg в процентах в общем наивысшая сравнительно с тучными, мощными и особенно черноземами лесостепи (более 95%). Содержание перегноя от 7 до 10%.

Мощность этих черноземов может колебаться по отдельным районам, а также и в пределах небольшой территории, в зависимости от условий рельефа местности. На ровных плато, где условия увлажнения более благоприятны, процессы смыва почти отсутствуют и где луговостепная растительность соответственно хорошо развивалась, мы наблюдаем обыкновенные черноземы, отличающиеся наибольшей мощностью и большим содержанием перегноя сравнительно с теми же обыкновенными черноземами, залегающими по узким водоразделам и расчлененным плато и склонам. Большая ксерофитность условий во времени на узких водоразделах и расчлененных плато и склонах создаст менее благоприятные условия для развития травянистой растительности, накопления перегноя и мощности прокраски перегноем почв. В связи с этим мы считаем вполне целесообразным следующее деление обыкновенных черноземов по мощности:

1) обыкновенный чернозем, мощная разность (плато и весьма пологих склонов);

2) обыкновенный чернозем средней мощности (расчлененных плато и склонов);

3) обыкновенный чернозем маломощный (крутых склонов).

3. Подзона южных черноземов

За подзоной обыкновенных черноземов необходимо выделить давно уже признанную подзону южных черноземов.

Акад. В. Р. Вильямс считает необходимым выделение подзоны южных черноземов, где, с точки зрения его положений, уже начинается некоторое проявление условий сухой степи, что существенно отличает эту подзону от других подзон черноземной области и что должно найти и находит свое отражение в системе агротехнических мероприятий, направленных на борьбу с условиями засухи.

Подзона южных черноземов Европейской части Союза характеризуется преобладанием испарения над количеством выпадающих осадков и появле-

нием большой ксерофитности условий во времени. Водный режим этих почв отражает некоторую сухость. Содержание перегноя в южных черноземах меньше, чем в обыкновенных: 5—7%. Мощность южных черноземов также значительно меньше. Среди поглощенных катионов встречается небольшое количество поглощенного Na.

Южные черноземы, как и обыкновенные, необходимо разделить по мощности на разности, обусловленные также рельефом:

1) южный чернозем мощная разность (плато и весьма пологих склонов);
2) южный чернозем средней мощности (расчлененных плато и склонов);
3) южный чернозем маломощный (крутых склонов).

Кроме указанных подзон необходимо выделить предкавказские черноземы:

1) слитые черноземы;
2) сильно слитые черноземы;
3) карбонатные приазовские черноземы.

Предкавказские черноземы могут быть разбиты по подзонам и по мощности.

Кроме указанного деления почвы лесостепной и черноземной зон, следует еще проводить деление по карбонатности и засоленности.

I. Первично карбонатные почвы:
   1) слабо карбонатные, до 1% карбонатов;
   2) сильно карбонатные, больше 1% карбонатов.

II. Карбонатно-солонцеватые почвы.

III. Черноземы с пониженным горизонтом вскипания, с указанием подтипа и разности: тучные, мощные, обыкновенные и южные (например, южный чернозем с пониженным горизонтом вскипания и т. д.).

IV. Вторично насыщенные основаниями (реградированные).

V. Солонцеватые слабо, средне и сильно.

VI. Солончаковатые слабо, средне и сильно.

VII. Солоицевато-солончаковатые.

VIII. Черноземные солонцы:
   1) корковые, горизонт А до 10 см;
   2) обыкновенные, горизонт А 10—20 см;
   3) глубокие, горизонт А свыше 20 см.

Кроме этого, солонцы должны быть разделены по характеру иллювиального горизонта, т. е. на глыбистые, столбчатые, призматические и ореховатые.

IX. Черноземные солончаки:
   1) карбонатные луговосолончаковатые почвы;
   2) содовые солончаки;
   3) хлоридно-сульфатные солончаки;
   4) смешанные солончаки.

Помимо этого, необходимо выделить в лесостепной и черноземной зоне почвы понижений и отрицательных элементов рельефа:

1) почвы западин (с указанием подтипа);
2) почвы предбалочных понижений (с указанием подтипа);
3) почвы долин и террас (с указанием подтипа);
4) оглеенные почвы (с указанием разности);
5) осолоделые, слабо, средне и сильно осолоделые с указанием подтипа и разности;
6) солоди.

Далее, нужно выделять почвы по степени смытости:

1) почвы слабо смытые; залегают обычно на расчлененных плато, узких водоразделах и пологих склонах; характеризуются пониженной мощностью горизонта А; ясно выраженные признаки смывания еще отсутствуют;

2) почвы средне смытые; характеризуются ясными признаками смыва в пределах горизонта А и залегают обычно на склонах;

3) почвы сильно смытые; залегают на крутых склонах; горизонт А смыт полностью и признаки смыва заметны в горизонте В;

4) намытые почвы; почвы делювиальных сносов; залегают в пониженных элементах рельефа под склонами;

5) выходы материнских пород; размывы и обнажения на крутых склонах;

6) выходы и обнажения коренных пород.

Деление почв лесостепной и черноземной зон по гидрологическим особенностям:

1) почвы повышенного увлажнения (отрицательные элементы рельефа и западин);

2) почвы дренированных участков (плато и пологих склонов);

3) почвы сильно дренированных участков (расчлененных плато и пологих склонов).

Культурные угодья:

1) целинные почвы;

2) многолетние залежи;

3) перелоги;

4) леса (по характеру лесонасаждения);

5) кустарники;

6) выгоны и старые пастбища;

7) вновь освоенные почвы (с указанием характера освоенного угодья);

8) старопахотные почвы:

а) выпаханные,

б) слабо унавоженные,

в) средне унавоженные,

г) сильно унавоженные (приусадебные почвы, старые конопляники, огородные почвы и др.),

д) известкованные,

е) гипсованные,

ж) сильно заправленные минеральными удобрениями,

з) орошаемые, осушенные,

и) подвергавшиеся плантажу.

Мы считаем необходимым указать еще на следующий момент. При выделении почв конкретного участка следует иметь в виду, к какой зоне и подзоне относится та или иная территория и согласно этой зоне и подзоне выделять те или иные разности.

Так, надо считать неправильным то положение, которое встречается у некоторых почвоведов, когда выделяют на очень небольшой территории на плато обыкновенные черноземы, на склонах южные черноземы и на крутых склонах каштановые почвы. Такое формальное выделение приводит к большой путанице. Мы считаем, что в подзоне обыкновенных черноземов на различных элементах рельефа должны выделяться разности этого же чернозема, но различной его мощности.

Чернозем склонов в области обыкновенных черноземов — все же не тот чернозем, который находится среди южных черноземов и тем более в зоне каштановых почв.

Выделение почв без учета их подзоны, когда в пределах небольшой территории выделяются все разности других подзон — есть чисто формальный метод, основанный только на самых внешних признаках и содержании перегноя, в то время, как весь комплекс природных условий, в том числе и водный режим этих почв, совершенно иной. Такой принцип классификации приводит к путанице и неправильным обобщениям в производственных целях.

С. И. ЯРКОВ
КАФЕДРА ПОЧВОВЕДЕНИЯ ТСХА

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЧВ ПО МЕХАНИЧЕСКОМУ СОСТАВУ

Механический состав в большой мере определяет ряд физикохимических и других свойств почвы, а также влияет на направление и скорость процессов почвообразования.

Значение механического состава исключительно велико как с точки зрения агрономической, так и в строительном и дорожном деле и в вопросах обороны страны. Поэтому деление почв и материнских пород на определенные группы по их механическому составу, а также достаточно точное и быстрое определение механического состава почвы и породы при работе в поле и при камеральной обработке материалов без применения особых приборов представляет вопрос большой важности.

Надо отметить, что многие затрудняются точно определять механический состав в поле и по высушенным образцам. Вместе с тем это легко сделать, если пользоваться определенными руководящими показателями.

Некоторые показатели мы приводим ниже применительно к излагаемой нами классификации.

Любая классификация механического состава в первую очередь исходит из классификации механических элементов, слагающих почву и материнскую породу.

Не останавливаясь на разборе различных классификаций механических элементов и значении тех или иных фракций, подробный анализ которых сделан проф. Н. А. Качинским (1938) и рядом других авторов, мы укажем, что классификация механических элементов, предложенная проф. Н. А. Качинским и принятая комиссией по классификации почв при Почвенном институте АН СССР 14—16 апреля 1939 г. и в 1940 г., вполне удовлетворительна. Она в основном исходит из классификации механических элементов акад. В. Р. Вильямса, и ее можно принять за основу. Ниже мы приводим ту классификацию.

Размер частиц в мм	
> 3	Камни и гравий
3—1	Песок крупный
1—0.25	» средний
0.25—0.05	» мелкий
0.05—0.001	Пыль крупная
0.001—0.005	» средняя
0.005—0.001	» тонкая
< 0.001	Ил

К этой классификации необходимо еще добавить разделение каменистой части на камни крупнее 10 мм и хрящ или гравий от 3 до 10 мм.

Эта классификация дана комиссией применительно к скоростям падения механических элементов в воде по Стоксу. Если принять скорости расчета

падения частиц в воде по Вильямсу, то величины полученных фракций будут различны. Не располагая в данном случае достаточно убедительными показателями по вопросу, какие именно скорости падения механических элементов в воде более правильно отражают их действительное содержание в почве и породе, мы отметим, что, по имеющимся у нас данным, одни и те же почвы и породы, проанализированные по методу Робинзона с одинаковой подготовкой, но по различным скоростям, показывают увеличение крупной пыли при расчете скорости по Стоксу. Интересно отметить, что при расчете скоростей по Стоксу ряд пород получается крупнопылеватым, причем с точки зрения генезиса и свойств этих пород они не относились к породам крупнопылеватым.

Таким образом, мы полагаем, что скорость падения частиц по Вильямсу правильно отражает истинное содержание этой фракции в почве и породе. Но не имея еще достаточных данных, чтобы окончательно высказать свое мнение по этому вопросу, мы считаем, что он подлежит дальнейшей специальной экспериментальной проработке.

Несколько слов о терминологии.

С одной стороны, у нас имеется установленная основная терминология, как пески, супеси, суглинки и глины. Надо сказать, что эта терминология довольно удачна, она понятна как специалистам, так и практикам. Под эту терминологию Сибирцев (1899, 1901) подвел определенные показатели соотношения песка и физической глины, которые в некоторой мере могут служить исходными для дальнейшей разработки. Но поскольку классификация Сибирцева исходила из группировки фракций только на две части, т. е. на два члена (так называемую физическую глину и песок), она не могла удовлетворить требований, предъявляемых к классификации механического состава в настоящее время. Поэтому появившиеся в дальнейшем классификации механического состава проф. Тумина, проф. Захарова (1931) и в последнее время проф. Качинского (1938) и проф. Серебрякова (1937) исходят из трехчленного соотношения фракций; они изменили самую терминологию (например «глинисто-пылеватая», «песчанисто-глинисто-пылеватая», «иловато-пылеватая», «крупнопылевато-иловатая» и т. д. В этой части далеко пошел проф. Н. А. Качинский (1938), который на основании соотношения различных групп фракций предлагает делить почвы по механическому составу по трехчленной классификации. «...вводя понятие преобладающей по величине в механическом составе почвы фракции».

Таким образом, по этой классификации, как глины, так и суглинки, могут быть иловатые, пылеватые, крупнопылеватые и т. п. Данная классификация, как указывает автор (1938), строилась на массовых анализах («тысячи анализов»); тем не менее в ней не учтены типы существующих генетических пород, как объекты классификации. В действительности мы наблюдаем некоторое преобладание той или иной фракции в почве, но это все же не всегда может служить основанием для особого выделения почвы по данной фракции в отдельную группу механического состава. Если же мы выделяем и подчеркиваем в терминологии наличие той или иной фракции, то величина ее должна быть весьма значительна.

У проф. Н. А. Качинского мы находим выделение глин крупнопылеватых с преобладанием фракции 0.05—0.01 мм. Если уж выделять крупнопылеватые породы или почвы, то, бесспорно, фракция крупной пыли здесь должна была бы составлять, по крайней мере, более 45%; иначе необходимость выделения породы именно по этой фракции отпала бы. Если, по данным анализа, крупная пыль и преобладает иногда в процентном содержании над другими фракциями, то достаточное количество илистых частиц в породе, как более активной фракции, совершенно уничтожает это небольшое преобладание. Поэтому выделять по той или иной фракции глины или

суглинки надо в том случае, когда они определяют особенности и свойства данной породы. Но если в породе содержится более 45% крупной пыли (0.05—0.01 мм), то эта порода не может быть глиной и даже тяжелым суглинком. В таком случае порода, безусловно, будет легким пылеватым суглинком. Это вытекает и из генезиса породы: там, где откладывалась или откладывается в преобладающем количестве фракция крупной пыли, уже несовместимо отложение большого содержания ила и тонкой пыли, а вместе с тем и крупных песчаных элементов, т. е. условия формирования пород с большим преобладанием фракции крупной пыли исключают образование глинистых и грубых пород, — это именно формирование легких или средних пылеватых суглинков.

Выделение же породы по незначительному преобладанию фракции крупной пыли или другой фракции над остальными не находит себе оснований с точки зрения отражения их свойств.

Механический состав почвы или материнской породы обусловливается весьма сложными процессами. Во-первых, большое значение в образовании механического состава имеет состав исходной породы, условия среды при которых происходит ее выветривание и, в частности, процессы почвообразования, наличие карбонатов в породе, насыщенность или ненасыщенность основаниями, а также характер переноса и отложения. Различное сочетание этих условий и приводит к образованию неоднородных пород.

На обширной территории нашего Союза и даже в пределах небольшого района мы встречаем различные условия образования материнских пород, а отсюда — и различный механический состав почв. Если бы мы попытались все эти мельчайшие различия механического состава пород и почв отразить в какой-либо классификации, то эта попытка, конечно, не могла бы увенчаться успехом, да она и не нужна ни с научной точки зрения, ни с производственной.

В классификации механического состава мы должны отразить те особенности почв и материнских пород, которые приводят к качественно различным свойствам данной почвы или породы. Поскольку механический состав почв и материнских пород — есть природное образование, и в классификации механического состава почв должны быть учтены эти природные различия и отражены их существенные свойства как со стороны генетической, так и производственной.

Таким образом, мы считаем, что к построению классификации механического состава необходимо подходить с точки зрения типа той или иной породы, т. е. исходить от конкретного объекта, существующего в природе и имеющего определенные качественные отличия, которые и должны быть отражены в классификации. Иначе говоря, классификация механического состава должна быть, безусловно, генетической с учетом производственных требований. Именно так обычно и строится классификация почв.

Остановимся вкратце на принципе деления механического состава на группы. Этот принцип должен максимально отражать генетические особенности пород. С этой точки зрения, например, деление суглинков должно производиться по таким типам, как песчанистые или пылеватые суглинки, различные свойства которых обусловливаются особенностями продуктов выветривания и особенно различием в переносе и отложении. В свою очередь песчанистые и пылеватые суглинки должны быть разбиты по генетическим типам почвообразующей породы, с делением их на легкие, средние и тяжелые. Некоторая попытка в этом отношении была сделана ВИУАА.

Мы в данном случае считаем необходимым именно построить классификацию по типам материнских пород, дав некоторые руководящие показатели для пользования ею в полевых условиях и при камеральной обработке материалов.

Для данных механического анализа по Робинзону при расчете скоростей падения частиц в воде, по Стоксу, мы считаем возможным принять шкалу по содержанию физической глины, разработанную проф. Н. А. Качинским. Для расчета скоростей, по Вильямсу, она должна быть соответствующим образом изменена.

Какие же основные почвообразующие породы мы можем наметить, как объекты классификации по механическому составу?

Первое — это грубые щебенчатые и каменистые породы и пески, причем пески должны быть разбиты по крупности зерна, а также по связности, т. е. по количеству глинистых частиц. Необходимость деления по крупности зерна и связности вытекает не только из генетических особенностей породы, но и из производственных соображений. Это имеет огромное значение в дорожном и строительном деле, не говоря уже об исключительной агрономической важности такого деления.

Мы считаем необходимым выделить:

1) К а м е н и с т ы е п о ч в ы с преобладанием механических элементов крупнее 10 мм. Кроме того, в раздел грубых почв можно отнести гравийные почвы с преобладанием механических элементов от 3 до 10 мм.

2) П е с к и. По крупности зерна должны быть разбиты на: а) г р у б ы е пески с преобладанием частиц в 1—3 мм, б) с р е д н е з е р н и с т ы е пески с преобладанием частиц в 1—0.25 мм и в) пески т о н к и е с преобладанием частиц в 0.25—0.05 мм. Общее количество песчаных частиц крупнее 0.05 мм в песках должно быть не менее 90%. Кроме того, все пески необходимо, в свою очередь, разделить на рыхлые, с количеством частиц физической глины меньше 5%, и связные, с количеством физической глины 5—10%, что и принято многими исследователями и, в частности, проф. Н. А. Качинским.

3) С у п е с и. Супесчаными мы называем такие почвы и материнские породы, которые содержат песчаных частиц крупнее 0.05 мм от 60 до 90% и частиц меньше 0.01 мм от 10 до 25%. Несомненно, что супеси необходимо разделить также на грубые супеси с большим количеством песчаных элементов >0.25 мм и тонкие супеси с преобладанием в песчаной части тонкого песка 0.25—0.05 мм. В свою очередь, супеси должны быть разделены на рыхлые — с количеством частиц меньше 0.01 мм от 10 до 15% и связные с количеством частиц меньше 0.01 мм от 15 до 25%. Следует выделять также супеси пылеватые, в которых количество песчаных частиц крупнее 0.05 мм не более 25%, но содержание крупной пыли более 40—45%, причем фракция меньше 0.01 мм составляет от 15 до 25%.

4) С у г л и н к и. Мы можем наметить типы суглинков, существенно отличающихся друг от друга свойствами, обусловленными различным генезисом этих пород.

Для супесей количество физической глины указывалось от 10 до 25%, но для суглинков мы начинаем деление по количеству физической глины не с 25%, как бы следовало в порядке продолжения, а с 20%. По Качинскому, для скоростей Стокса, легкие суглинки содержат физической глины 20—30%, средние — 30—40% и тяжелые — 40—50%.

При расчете скоростей падения механических частиц в воде по Вильямсу содержание физической глины будет для легких суглинков 20—35%, для средних 35—50%, а для тяжелых — более 50%.

По типам механического состава все суглинки должны быть разбиты на генетические группы, для которых могут быть даны свои специфические показатели количества песка, глины и ила.

Самостоятельную группу должны составить моренные валунные суглинки. Это — продукт выветривания кислых массивно-кристаллических пород, принесенных ледником. Вследствие особенностей продуктов выветривания моренных суглинков, а также специфичности их переноса и

отложения, эти суглинки, как правило, характеризуются бескарбонатностью и отсутствием сортировки, т. е. неоднородностью. Поэтому механический состав этих пород отличается, с одной стороны, наличием грубых элементов в виде валунов различных размеров, а также крупного песка, и, с другой стороны, достаточным количеством глинистых частиц и далее илистых частиц. Эти породы должны быть выделены в особую группу песчанистых суглинков.

В отличие от других песчанистых суглинков они характеризуются тем, что содержат большое количество грубых элементов и среднего песка от 1 до 0.25 мм. Общее количество песчаных частиц крупнее 0.05 мм составляет больше 25%. Эти суглинки могут быть названы грубыми песчанистыми суглинками. Но в ряде случаев песчанистые суглинки могут быть и не моренными. Поэтому более целесообразно называть описанные суглинки просто моренными песчанистыми суглинками. Они, в свою очередь, должны быть разбиты на легкие, средние и тяжелые.

Остановимся на диагностических показателях этих суглинков.

Прежде всего, эти суглинки, как было сказано, относятся к типу основной алюмосиликатной морены. Вот их общие характерные показатели.

В породе имеются валуны и кварцевые зерна различной величины. При растирании образца ясно заметно большое количество песчаных элементов. Последние особенно хорошо видны в лупу даже и в нерастертом образце. Наощупь образцы обнаруживают шероховатость, вследствие наличия песчаных элементов, что становится особенно заметно при растирании.

Излом этой породы в сухом состоянии неровный, срез ножом также неровный, причем нож издает характерный скрипящий звук, обусловленный песчаными элементами. Порода бесструктурна, т. е. не способна распадаться на ясно выраженные острогранные и угловатые отдельности. При искусственном разламывании распадается на неопределенные глыбы с шероховатыми гранями. Стенка разреза более монолитна, с немногочисленными трещинами. При высыхании моренный суглинок мало изменяется в объеме, что говорит о неспособности его к сильному набуханию, почему почва в монолите и не даст много трещин, а в образцах не колется на ясно выраженные отдельности.

Характерный цвет красно-бурый (иногда желто-бурый) до красного. При оглеении цвет меняется и приобретает серо-сизый оттенок. Эти суглинки делятся на легкие, средние и тяжелые по следующим руководящим показателям.

Легкие суглинки. При осмотре, и особенно при растирании их на ладони, обнаруживают большое количество хорошо видимого невооруженным глазом песка. Срез очень неровный, поверхность излома сильно шероховата и бесформенна. Почти нет трещин в сухом состоянии, так как при высыхании порода весьма мало сокращается в объеме.

Цвет в неоглеенном состоянии красно-бурый. Подзолистый горизонт обычно характеризуется большой мощностью, что связано с хорошей водопроницаемостью этой породы. Граница подзолистого горизонта с иллювиальным ясная, иногда резко выражена; подзолистые затеки почти отсутствуют, что зависит от породы, которая мало набухает и не дает трещин при изменении влажности.

Средние песчанистые суглинки. При рассмотрении образца и при растирании его обнаруживают меньше песчаных частиц. Отдельности хотя тоже бесформенны, но несколько более определенны, и слабо намечается угловатость. Трещин в сухом состоянии также немного, но все же они встречаются чаще. Цвет в неоглеенном состоянии красно-бурый. Мощность подзолистого горизонта сравнительно с легким суглинком несколько уменьшена, хотя еще значительна. Иногда встречаются подзолистые затеки по трещинам.

Тяжелые песчанистые суглинки. Глинистых частиц больше, а количество песка в целом и растертом образце гораздо меньше. Срез и излом становятся более ровными. Появляется способность распадаться на угловатые и остроребристые отдельности. При высыхании значительно сокращается в объеме и поэтому в некоторой мере способен давать уже заметные трещины. Цвет становится более темным, красно-бурым. Мощность подзолистого горизонта в одинаковых условиях с легкими и средними суглинками становится меньше, причем значительно больше встречается подзолистых затеков по трещинам.

Таким образом, мы видим, что по мере утяжеления механического состава и уменьшения количества песчаных элементов порода приобретает способность делиться на структурные элементы, имеющие некоторые плоскости и остроребристость. Появляется более ровный излом при делении на естественные отдельности. Увеличивается способность к набуханию, что вызывает изменение объема породы при изменении влажности. Это ведет к появлению несколько большего количества трещин. В случае наличия подзолистого процесса наблюдаются подзолистые затеки при общем уменьшении мощности подзолистого горизонта, причем исчезает ясная подчеркнутая граница между подзолистым и иллювиальным горизонтами.

Моренные валунные суглинки мы относим к типу песчанистых суглинков. Каждый исследователь легко может определить их, и последующая задача будет сводиться лишь к тому, чтобы правильно разбить их на три разности, т. е. на легкие, средние и тяжелые суглинки, что, в свою очередь, как мы видели, не представляет затруднения, если ориентироваться на определенные руководящие показатели.

Песчанистые суглинки неморенные мы часто встречаем в лесолуговой и лесостепной зонах, а также в ряде районов других зон. В отличие от моренных суглинков они характеризуются более однородным и сортированным составом. Обычно генезис этих суглинков связан с деятельностью воды, размывшей или ледниковые или местные песчанистые породы.

Количество песчаных элементов в них так же большое, как и в моренных суглинках, причем преобладает тонкий и средний песок, а грубый песок встречается в небольшом количестве или вовсе отсутствует. Эти песчанистые суглинки в отличие от моренных можно было бы назвать тонкими песчанистыми суглинками. В свою очередь, они должны быть разбиты на легкие, средние и тяжелые. Песчанистые суглинки, неморенного происхождения нельзя отнести к определенному типу породы, как грубые песчанистые суглинки. Неморенные суглинки имеют самое разнообразное происхождение.

На севере, в тундре, встречаются породы такого механического состава, как продукт морской трансгрессии. В ряде же районов это — перемытые и переотложенные коренные третичные песчанистые отложения, древнеаллювиальные отложения и т. д. Они будут характеризоваться самыми разнообразными оттенками от зеленоватых, желто-бурых до красно-бурых. Типичными показателями их будет также большое количество песчаных элементов. В этих породах преобладает песок тонкий от 0.25—0.05 мм или средний от 1 до 0.25 мм. Грубые песчаные элементы обычно отсутствуют или содержатся в очень небольшом количестве. Излом и срез неровный, при срезе ножом также издается характерный скрипящий звук, вызванный наличием песчаных элементов. Отсутствует трещиноватость и способность распадаться на угловатые и остроребристые отдельности. Изменение от легкого к тяжелому суглинку также сказывается на уменьшении количества песка и ряда показателей, указанных в моренном суглинке.

Таким образом, песчанистые суглинки в целом распадаются на моренные песчанистые суглинки и просто песчанистые суглинки неморенные

с последующим делением их на легкие, средние и тяжелые.

К следующей группе относятся пылеватые суглинки, происхождение которых в большинстве случаев связано с деятельностью воды. В тех же случаях, когда эти породы отложены непосредственно ледником, они бесспорно представляют собой продукт выветривания мягких однородных осадочных пород.

К группе пылеватых суглинков необходимо отнести породы с небольшим количеством песчаных частиц. Обычно пылеватые суглинки содержат единицы процентов песка. Преобладающая часть падает именно на фракции пыли крупной и средней.

В условиях дерново-подзолистой зоны пылеватые суглинки представляют собой покровные образования, происхождение которых связано с деятельностью воды в период отступления ледника.

По количеству ила, куда необходимо включить и тонкую пыль, их необходимо разделить также на легкие, средние и тяжелые. Увеличение в породе фракции крупной пыли неразрывно связано с уменьшением фракции ила и тонкой пыли. Поэтому породы с большим количеством крупной пыли представляют самые типичные легкие пылеватые суглинки. Именно легкий механический состав их и может обусловливаться наличием большого количества крупной пыли за счет уменьшения ила. Отложение этих суглинков, несомненно, происходило в условиях движения воды, где илистая часть была вынесена. С уменьшением фракции крупной пыли увеличивается содержание средней и тонкой пыли и ила. Таким образом, легкие пылеватые суглинки переходят в средние и, наконец, в тяжелые пылеватые суглинки. Выделять же среди пылеватых суглинков так называемые иловатые суглинки нет никакой необходимости, так как группа пылеватых суглинков с последующим делением их на легкие, средние и тяжелые охватывает все необходимые объекты.

Типичные северные лёссы — это именно легкие пылеватые суглинки, у которых преобладает фракция крупной пыли. Многие лёссовидные суглинки также будут относиться к легким пылеватым суглинкам. Вообще же лёссовидные суглинки, более или менее типичные, могут быть как легкими, так и средними пылеватыми суглинками.

Впервые лёссами были названы породы с большим количеством крупной пыли, но в дальнейшем лёссами многие стали называть даже глинистые карбонатные породы черноземной зоны, считая их породой эолового происхождения. Так же неопределенно стало понятие и лёссовидных суглинков. Но, поскольку эоловая гипотеза в настоящее время уже утратила свое значение, лёссом следует называть крупнопылеватые, т. е. легкие пылеватые суглинки. К лёссовидным суглинкам могут быть отнесены как легкие, средние пылеватые, так и тяжелые пылеватые суглинки черноземной зоны. Тяжелые пылеватые суглинки подзолистой зоны и глинистые породы черноземной зоны как карбонатные, так и некарбонатные, не должны относиться ни к лёссам, ни к лёссовидным суглинкам. Это внесет некоторую определенность в понятие лёсса и лёссовидности. В полевых условиях и при камеральной обработке материалов отнести безошибочно породу к легким или средним пылеватым суглинкам весьма легко, в виду, с одной стороны, указанных выше генетических особенностей породы, и, с другой стороны, характерных ее показателей. Так, цвет породы палевый и желтопалевый, а при наличии карбонатов светлопалевый. При срезе ножом она дает ровную поверхность. Неспособна к большому набуханию и поэтому не колется на остроребристые структурные отдельности.

Легкие пылеватые суглинки, вследствие наличия крупной пыли, при растирании дают ощущение мягкости, мелкие аггрегаты почти отсутствуют или легко растираются в пыль, в то время, когда в сухом состоянии аггре-

гаты тяжелых пылеватых суглинков или глин трудно поддаются растиранию, вследствие большой связности.

В условиях дерново-подзолистой зоны, а в черноземной зоне в случае выщелоченности карбонатов, легкие и средние пылеватые суглинки обнаруживают плитчатое сложение, что связано как с механическим составом, так и с особенностями их происхождения — водным путем.

При высыхании легкие пылеватые суглинки на монолитах, образцах, а также на стенке разреза (конечно, при отсутствии солонцеватости) не обнаруживают большой трещиноватости.

С переходом от легких к средним пылеватым суглинкам цвет изменяется в более темный, появляется способность деления на структурные отдельности, хотя еще и не определенные.

Как легкие, так и средние пылеватые суглинки не образуют ясно выраженных структурных отдельностей, а распадаются на неопределенные рыхлые комки, которые легко растираются. Средние суглинки обнаруживают уже некоторую трещиноватость и дают структурные отдельности, хотя и не определенные, но более плотные.

Представителем тяжелых пылеватых суглинков дерново-подзолистой зоны будут покровные, так называемые структурные суглинки, которые многими называются просто покровными глинами.

Породы такого механического состава встречаются в Московской области, центральной части лесостепи и в западных районах черноземной зоны.

Тяжелые пылеватые суглинки в дерново-подзолистой зоне и в лесостепи в условиях выщелоченности карбонатов характеризуются своей способностью распадаться на остроребристые призматические и кубовидные отдельности. Эта способность обусловливается большой набухаемостью породы и при дальнейшем высыхании сокращением в объеме, вследствие чего образуется система трещин, по которым и направляется вода. Набухание породы и сокращение ее объема является результатом содержания заметного количества илистых частиц, а также ненасыщенности коллоидной части основаниями. При условии насыщенности основаниями даже более глинистые породы теряют способность в такой степени изменять объем при изменении влажности. С увеличением фракции песка, а значит, с уменьшением за счет этого илистой части, порода также теряет способность изменяться в объеме при изменении влажности.

Таким образом, способность этих пород распадаться на ясно выраженные структурные отдельности связана с их физико-химическими свойствами, т. е. наличием достаточного количества илистых частиц, отсутствием песчаных элементов и ненасыщенностью основаниями коллоидной части.

Цвет этих суглинков желто-бурый, существенно отличный от красно-бурого и желто-бурого цвета моренных суглинков. Несмотря на то, что количество железа в этой породе больше, чем в моренном суглинке, мы все же не наблюдаем у них красно-бурого цвета. Последнее обусловливается тем, что эта порода достаточно отсортирована; количество песчаных элементов здесь составляет единицы процентов, все остальные фракции падают на среднюю, крупную и тонкую пыль, представленную в большинстве случаев чистой кремнекислотой, цвет которой, как известно, белый. В силу этого полуторные окислы, хотя и содержатся в данной породе в немалом количестве, не могут все же окрасить последнюю в красно-бурый цвет. Оглеение отражается на цвете покровных тяжелых суглинков так же, как и на цвете моренных валунных суглинков, придавая им сизый оттенок, но более ровный, чем у моренных суглинков. В условиях неустойчивого увлажнения эти суглинки приобретают охристый темножелтый оттенок.

Таким образом, руководящим показателем полевого и камерального определения механического состава этой породы служит ее способ-

ность распадаться на остроребристые структурные отдельности и характерный цвет.

Глинистые почвы и породы многие делят на глины легкие, средние и тяжелые. Мы считаем, что глинистые почвы и породы определяются илистой фракцией и тонкой пылью (имея в виду для тонкой пыли расчет скоростей по Вильямсу); поэтому и деление глинистых почв и пород нужно проводить главным образом по илистой части. Если ила и тонкой пыли (скорости Вильямса) в породе содержится более 40%, то эта порода будет обладать характерными свойствами глин. Но в ряде глин содержится более 50% ила и тонкой пыли; поэтому, несомненно, что глинистые почвы и породы по содержанию в них ила могут быть разбиты на какие-то разности. Мы считаем, что глинистые почвы вполне достаточно разделить на две разности: глинистые с содержанием ила и тонкой пыли 40—50% и тяжелоглинистые, содержащие ила и тонкой пыли более 50%. К глинистым почвам мы относим такие почвы, как чернозем Каменностепной опытной станции, южные черноземы и каштановые почвы районов Аскания-Нова УССР, каштановые и бурые почвы Заволжья и много других. Эти породы характеризуются темным желто-бурым цветом, большой связностью, но, вследствие обилия в них карбонатов, они не дают остроребристых призматических отдельностей. При наличии же солонцеватости, т. е. насыщенности их натрием, они обнаруживают призматичность и раскалываются на остроребристые плотные отдельности. Темный, желто-бурый цвет этих пород, несмотря на обилие в них карбонатов, обусловливается глинистостью и обилием в них полуторных окислов. В случае выщелоченности карбонатов эти породы приобретают темнобурый цвет.

К тяжелоглинистым породам относятся также пермские красные глины и арало-каспийские глины. Эти породы легко определяются по их характерному красному цвету и другим особенностям.

К тяжелоглинистым породам относятся многие третичные глины, отличающиеся типичным сизым или зеленоватым оттенком.

Кроме указанных глин, мы выделили еще моренные глины, содержащие тонких частиц крупнее 0.05 мм больше 25% и ила с тонкой пылью больше 30%.

Ниже мы приводим таблицу классификации механического состава разобранных нами почв и материнских пород.

Приведенная классификация с увязкой ее с определенными генетическими породами и диагностическими показателями очень удобна для пользования ею в полевых условиях и при камеральной обработке материалов по образцам и монолитам.

В данном случае мы еще далеко не разобрали всех существующих почвообразующих пород, а остановились лишь на основных. Эта работа должна быть продолжена. Кроме того, полевые диагностические показатели нами даны применительно к породам. К почвам же только некоторые из приведенных показателей могут быть приложены непосредственно; остальные показатели (как цвет, сложение, структура и др.) изменяются. Но почвовед, наблюдая определенный механический состав почвы, должен всегда иметь в виду тип почвообразующей породы и ее механический состав, если верхние горизонты почвы генетически связаны с последней, а не представляют другого, самостоятельного члена наноса.

В результате почвообразовательных процессов, и особенно подзолистого, механический состав верхних и иллювиальных горизонтов почвы меняется, но это изменение не столь уже велико и поэтому можно определить механический состав самой почвы при полевых исследованиях и при камеральной обработке материалов, ориентируясь на механический состав породы. Увязка того или иного типа почвообразующей породы с механическим составом или хотя бы группой его

Классификация почв и материнских пород по механическому составу (в %)

(по данным Робинзона применительно к скоростям Вильямса; некоторые показатели взяты по схеме ВИУАА)

Название почвы и породы по механическому составу	Песок > 0.05 мм				Крупная пыль 0.05—0.01 мм	Физическая глина < 0.01 мм			
	вся фракция песка крупнее 0.05 мм	в том числе:				вся фракция физической глины < 0.01 мм	в том числе ила и тонкой пыли, т. е. частиц < 0.005		
		1—3 мм	1—0.25 мм	0.25—0.05 мм			для черноземных районов лесостепи	для подзолистых почв	
Песчаные	> 90	преобл.	—	—	—	—	—	—	
1. Пески грубые	> 90	преобл.	—	—	—	—	—	—	
2. Пески среднезернистые	> 90	—	преобл.	—	—	< 10	—	—	
3. Пески тонкие	> 90	—	—	преобл.	—	—	—	—	
Кроме того все пески делятся на:									
Пески рыхлые	> 90	—	—	—	—	0—5	—	—	
Пески связные	> 90	—	—	—	—	5—10	—	—	
Супесчаные	60—90	—	—	—	—	—	—	—	
1. Супеси крупнозернистые	60—90	преобл.	преобл.	—	—	10—25	—	—	
2. Супеси тонкие	60—90	—	преобл.	—	—	10—25	—	—	
3. Супеси пылеватые	25—60	—	—	—	> 45%	15—25	—	—	
Все супеси делятся на:									
Супеси рыхлые	25—60	—	—	—	—	10—15	—	—	
Супеси связные	25—60	—	—	—	—	15—25	—	—	
Моренные суглинки	> 25	—	—	—	—	—	—	—	—
								Для верхних горизонтов	Для нижних горизонтов и морены
1. Песчанистые моренные суглинки легкие	> 25	—	—	—	—	20—35	—	5—10	10—15
2. Песчанистые моренные суглинки средние	> 25	—	—	—	—	35—50	—	10—15	15—20
3. Песчанистые моренные суглинки тяжелые	> 25	—	—	—	—	> 50	—	15—20	20—30

Продолжение

Название почвы и породы по механическому составу	Песок > 0.05 мм				Крупная пыль 0.05—0.01 мм	Физическая глина < 0.01 мм			
	вся фракция песка крупнее 0.05 мм	в том числе: 1—3 мм	1—0.25 мм	0.25—0.05 мм		вся фракция физической глины < 0.01 мм	в том числе ила и тонкой пыли, т. е. частиц < 0.005: для черноземных районов лесостепи	для подзолистых почв: Для верхних горизонтов	для подзолистых почв: Для нижних горизонтов
Тонкие песчанистые суглинки: (не моренные)	> 25	—	—	—	—	—	—	—	—
1. Легкие песчанистые суглинки	> 25	—	—	—	—	20—35	15—25	5—10	10—15
2. Средние песчанистые суглинки	> 25	—	—	—	—	35—50	25—30	10—15	15—20
3. Тяжелые песчанистые суглинки	> 25	—	—	—	—	> 50	30—40	15—20	20—30
Суглинки пылеватые	< 25	—	—	—	—	—	—	—	—
1. Легкие пылеватые суглинки	< 25	—	—	—	> 45	25—35	15—25	5—10	10—15
2. Средние пылеватые суглинки	< 25	—	—	—	—	35—50	25—30	10—15	15—20
3. Тяжелые пылеватые суглинки	< 25	—	—	—	—	> 50	30—40	15—20	20—30
Глинистые	< 25	—	—	—	—	—	—	—	
1. Глинистые	< 25	—	—	—	—	—	Ила и тонкой пыли 40—50		
2. Тяжелоглинистые	< 25	—	—	—	—	—	Ила и тонкой пыли > 50		
3. Моренные глины	> 25	—	—	—	—	—	Ила и тонкой пыли > 30		

Примечание: Кроме этого выделяются почвы каменистые:
1. Гравийные или хрящеватые и породы с преобладанием частиц от 3 до 10 мм.
2. Каменистые почвы и породы с преобладанием каменистой части крупнее 10 мм.
3. Валунные поля с большим количеством валунов на поверхности почвы.

вносит определенную ясность в понятие, которое хочет вложить автор в тот или иной механический состав, а также облегчает другим исследователям расшифровку и перевод различных классификаций и данных механического состава по различным методам к той или иной применяемой ими классификации. Поэтому мы считаем весьма целесообразным и желательным, чтобы каждый автор классификации механического состава, помимо тех или иных соотношений фракций, которые он приводит, дал увязку своей классификации хотя бы с самыми основными типами почвообразующей породы.

ЛИТЕРАТУРА

Вильямс В. Р. Почвоведение. Сельхозгиз, М., 1938.
Захаров С. А. Курс почвоведения. Сельхозгиз. М—Л, 1931.
Земятченский П. А. Глины СССР. Изд. АН СССР, М—Л, 1935.
Сибирцев Н. М. Почвоведение, ч. II и III, 1899.
Сибирцев Н. М. Почвоведение, т. III, отд. IV, 1901.
Тумин Г. И. Ежегодник по геологии и минералогии России, т. XII, вып. 1—2.
Карпинский Н. П. и Долгов С. И. Механический анализ почв методом пипетки, М, 1930.
Качинский Н. А. Классификация почв по механическому составу. Почвоведение, № 7—8, 1938.
Резолюция совещания постоянной комиссии по классификации почв при Почвенном инст. АН СССР 14—16 апр. 1939. (Рукопись).
Серебряков Б. П. Курс почвоведения. Сельхозгиз, М., 1937.
Постановление комиссии по методам мех. анализа почв.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

СБОРНИК ПАМЯТИ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

И. Д. СЕДЛЕЦКИЙ

ПОЧВЕННЫЙ ИНСТИТУТ ИМ. В. В. ДОКУЧАЕВА АН СССР

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО КРИСТАЛЛИЧЕСКОМУ СТРОЕНИЮ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ

Мысль о кристаллическом строении гуминовых кислот была впервые высказана акад. В. Р. Вильямсом в 1914 г. (1920).

Нашими исследованиями гуминовых веществ с помощью рентгенографического метода (Седлецкий, 1937) было показано, что гуминовые кислоты являются кристаллическим образованием. Об этом свидетельствовали интерференционные кольца Дебая, которых было на рентгенограммах 3. Характеристика этих колец представлена в табл. 1.

Таблица 1

Рентгенографическая характеристика гуминовой кислоты из чернозема

№ дебаевских колец	$d_{(hkl)}$ в Å	Интенсивность
1	5.52	Оч. сильная
2	3.43	Сильная
3	2.08—2.13	Сильная

Вскоре Эльбе (1937) показал, что искусственные гуминовые кислоты дают на рентгенограммах два дебаевских кольца, очень близких ко второму и третьему диффракционным максимумам естественной гуминовой кислоты, а именно:

$$d_1 = 3.39\,\text{Å} \text{ и } d_2 = 2.08\,\text{Å}.^1$$

В своих дальнейших работах мы не оставляли без внимания перегнойные вещества почв. Уделяя основное внимание изучению минеральных коллоидов почв, мы проводили все же небольшие исследования соединений гумуса. Эти исследования были направлены на разрешение двух основных вопросов кристаллохимии гумуса, а именно: 1) на выяснение деталей структуры гуминовых веществ и 2) определение характера структуры солей гуминовых кислот.

Уже в 1939 г. в монографии «Почвенная рентгенография» были сообщены некоторые данные о строении гумата алюминия и апокрената меди. Гумат алюминия, приготовленный из растворов алюминиевых квасцов и гумата

[1] Н. Зырин в Московском университете за последнее время провел большую работу по рентгенографии гуминовых кислот из разных почв. Полученные им данные подтверждают наличие на рентгенограммах гуминовых кислот двух дебаевских колец, близких нашим. (См. статью Геммерлинг и Зырин, в этом сборнике).

натрия, дал отличную от чистой гуминовой кислоты рентгенограмму (табл. 2).

Таблица 2

Рентгенографическая характеристика гумата алюминия

№ дебаевских колец	$d_{(hkl)}$ в Å	Интенсивность
1	3.56	Сильная
2	3.05	Слабая
3	2.16	Слабая

В настоящем сообщении приводятся новые данные по изучению структуры солей гуминовой кислоты и уточнению строения самой гуминовой кислоты.

Рассмотрим сначала материалы, относящиеся к структуре гуминовых кислот и солей гуминовых кислот. Гуминовые кислоты, выделенные из различных объектов (почв и торфов), имеют одинаковое строение внутренних ядер (табл. 3).

Таблица 3

Рентгенографическая характеристика гуминовых кислот

Гуминовая кислота из чернозема		Гуминовая кислота из торфа		Гуминовая кислота от мерка	
$d_{(hkl)}$ в Å	интенсивность	$d_{(hkl)}$ в Å	интенсивность	$d_{(hkl)}$ в Å	интенсивность
5.52	Оч. сильная	5.52	Оч. сильная	5.52	Оч. сильная
4.43	Сильная	3.43	Сильная	3.43	Сильная
2.13	Сильная	2.08	Сильная	2.09	Сильная

Соли гуминовой кислоты [1] (табл. 4) имеют отличное от гуминовой кислоты кристаллическое строение, о чем свидетельствует их рентгенографическая характеристика (табл. 4).

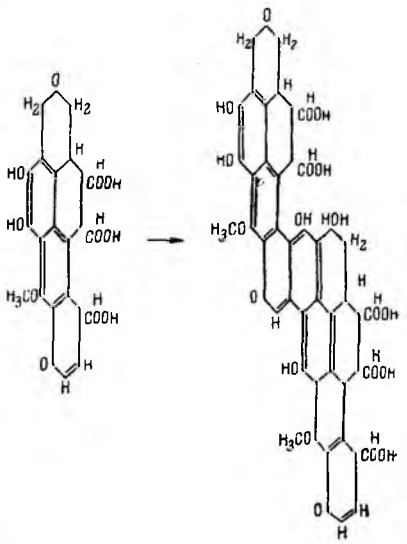
Мы сейчас еще не в состоянии разобраться в деталях строения кристаллической структуры гуматов и можем пока лишь отметить различие их кристаллических структур между собой и отличие их рентгенографической характеристики от таковой чистой гуминовой кислоты.

[1] Гумат натрия готовили следующим образом: к навеске гуминовой кислоты, полученной из чернозема, по методу Гедройца, добавляли столько 0.1 *N* раствора NaOH, чтобы количество натрия соответствовало полной нейтрализации гуминовой кислоты (до pH = 7.0). Раствор гумата натрия оставляли в лаборатории в открытой, но защищенной от пыли, чашке для высушивания при комнатной температуре. После этого гумат натрия запаивали в стеклянную трубку и оставляли стоять с 1934 г. до 1940 г. То же было сделано и для кальция, магния и калия. Соли гуминовой кислоты оставляли стоять продолжительное время для кристаллизации, поскольку свежеполученные гуматы не давали диффракции рентгеновских лучей. Часть гуматов запаяли в трубки в виде раствора. В начале 1940 г. все трубки вскрыли и подвергли повторному исследованию рентгеновскими лучами. Сухие гуматы дали хорошие спектры. Гуматы кальция и натрия в растворе не дали кристаллической картины. Трубки с гуматами магния и калия во время перевозки физикохимической лаборатории из Ленинграда в Москву в 1934 г. были потеряны. Поэтому здесь приводятся результаты исследования только гумата кальция и натрия. Гумат алюминия, в отличие от препарата, описанного в «Почвенной рентгенографии», выдерживали длительное время в эксикаторе над водой.

Таблица 4

Гуминовая кислота из чернозема		Гумат алюминия из той же кислоты		Гумат кальция из той же кислоты		Гумат натрия из той же кислоты	
$d_{(hkl)}$ в Å	интенсивность	$d_{(hkl)}$ в Å	интенсивность	$d_{(hkl)}$ в Å	интенсивность	$d_{(hkl)}$ в Å	интенсивность
—	—	—	—	—	—	7.77	Средне слабая
5.52	Оч. сильная	—	—	—	—	—	—
5.43	Сильная	4.37	Сильная	4.64	Сильная	4.45	Средне слабая
—	—	—	—	4.15	Слабая	4.08	» »
—	—	—	—	—	—	3.24	Оч. оч. слабая
—	—	—	—	—	—	3.09	Средняя
—	—	—	—	—	—	2.44	Оч. оч. слабая
2.13—2.08	Сильная	2.26	Слабая	—	—	2.205	Средняя
—	—	—	—	—	—	1.805	Оч. слабая
—	—	—	—	—	—	1.575	Оч. оч. слабая
—	—	—	—	—	—	1.40	Слабая
—	—	—	—	—	—	1.28	»
—	—	—	—	—	—	1.225	»
—	—	—	—	—	—	1.045	Оч. слабая
—	—	—	—	—	—	0.99	» »
—	—	—	—	—	—	0.948	» »

Для исследования деталей структуры гуминовой кислоты был применен электронографический фазовый анализ. Изучая много лет гуминовые кислоты рентгенографическим фазовым анализом, мы убедились на многих примерах, что в этом случае мы получаем сведения, главным образом, о кристаллическом ядре гуминовых кислот. Это ядро является наиболее массивным и полнокристаллическим, поэтому оно способно дифрагировать рентгеновские лучи. Последние даже в случае медного или железного излучения (т. е. с большой длиной волны— 1.541 — 1.93 Å) являются для гуминовых кислот, как органических соединений, довольно жесткими. Кроме массивного ядра, гуминовые кислоты состоят еще из менее упорядоченной части, куда входят различные боковые, периферические цепи активных групп (метоксильных, гидроксильных, карбоксильных и др.) (фиг. 1).



Фиг. 1. Структурная формула гуминовой кислоты по Fuchs.

Для того, чтобы получить представление об этой малоупорядоченной части гуминовых веществ, необходимо было применить более мягкие лучи. Такими являются катодные лучи, которыми пользуются в электронографии. Электронные лучи являются настолько мягкими, что они уже заметно адсорбируются воздухом. Поэтому вся съемка ведется в высоком вакууме. На фиг. 2 изображен электронограф системы инженера З. Г. Пинскера, который установлен в Биогеохимической лаборатории Академии Наук СССР.

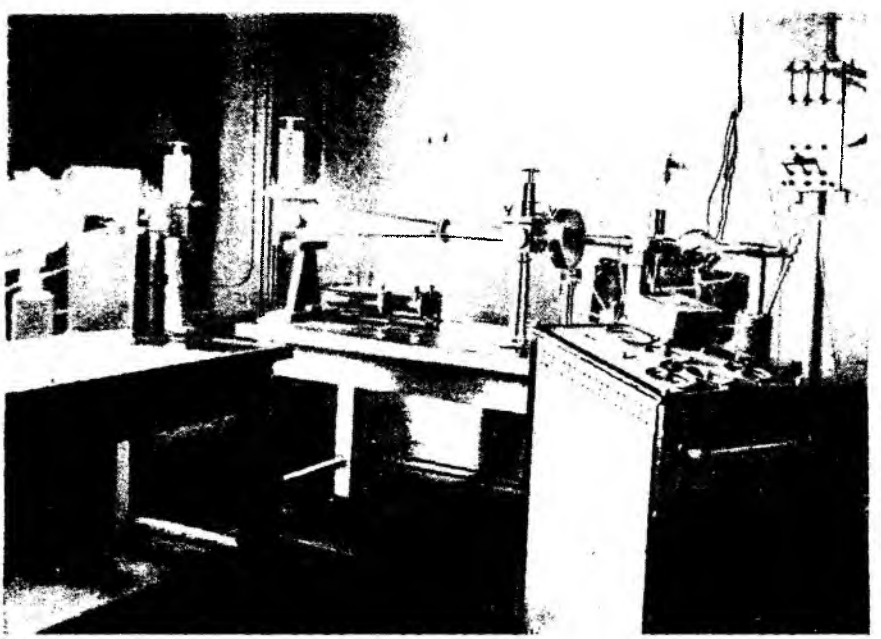
Считая, что электронографические исследования помогут выяснить детали структуры, мы воспользовались установкой Биогела и совместно с Л. И. Татариновой произвели изучение некоторых гуминовых кислот. [1]

[1] Выражаю благодарность Л. И. Татариновой за помощь в проведении съемки, а также З. Г. Пинскеру за любезное согласие предоставить в наше распоряжение электронограф и за ряд ценных указаний.

В качестве объектов для исследования была взята гуминовая кислота из чернозема (которая была ранее нами изучена рентгеновскими лучами) и гумат натрия этой же гуминовой кислоты.

Поскольку катодные лучи сильно адсорбируются, необходимо было изготовить из гуминовой кислоты очень тонкие пленки ($< 10^{-6}$ см). Приготовление таких тонких пленок гуминовой кислоты достигалось следующим образом.

Капля раствора целлулоида в амилацетате опускалась на воду. В результате ее растечения по поверхности воды на площади 20—30 см^2 получались очень тонкие целлулоидные пленки толщиной около 10^{-7} см. Амилацетат улетучивается и остается пленка целлулоида.



Фиг. 2. Электронограф системы инженера З. Г. Пинскера.

Медная пластинка с дырочками диаметром 2—3 мм служит держателем препарата. Опуская эту пластинку на воду, на поверхности которой плавает пленочка целлулоида, можно добиться появления тонкой пленки целлулоида на отверстиях пластинки. Теперь на поверхность такой пластинки помещается капля коллоидного раствора гуминовой кислоты; каплю раскатывают по поверхности медной пластинки. После испарения на воздухе при комнатной температуре воды на целлулоидной пленке образуется тонкая пленочка из налета гуминовой кислоты. Пластинку вставляют в электронограф, и места гуминовой кислоты в отверстиях медной пластинки подвергают облучению электронным пучком.

При прохождении электронного пучка через слой гуминовой кислоты на флюоресцирующем экране появляется дифракция лучей от гуминовой кислоты. Перемещая медную пластинку (держатель) с гуминовой кислотой во время визуального наблюдения за дифракционной картиной, выбирают места наибольшей четкости. После этого фотографируют наблюдаемую картину на фотопластинку. Проявленная фотопластинка является электронограммой. На фиг. 3 и 4 приведены электронограмма (схема) и номограмма гуминовой кислоты.

Как видно из фотографии, на электронограмме наблюдается 7 дифракционных максимумов.

В табл. 5 дается электронографическая характеристика гуминовой кислоты.

Таблица 5

Электронографическая характеристика гуминовой кислоты из чернозема

№ дебаевских колец	R, измеренное на электронограмме	r, найденное по формуле $r = \frac{R}{2}$	D	$D\lambda$	$d_{(hkl)}$ в Å	Интенсивность
1	18.5	9.25	1 100	61	6.59	Ореол
2	25.0	12.5	1 100	61	4.88	Сильная (диффузная)
3	29.3	14.5	1 100	61	4.31	Оч. сильная
4	32.6	16.3	1 100	61	3.74	Средняя
5	37.5	18.75	1 100	61	3.16	Ореол
6	49.0	24.5	1 100	61	2.49	Сильная
7	59.0	29.5	1 100	61	2.06	Средняя (диффузная)

Расчеты электронограммы ведутся следующим образом.

На электронограмме получается ряд колец различной интенсивности. Все их можно рассчитать и выразить в константах решеток соединений (d_{hkl} в Å), от которых получена электронограмма. Для этого с помощью штангенциркуля производят измерение дебаевских колец в миллиметрах Из полученных данных находят d_{hkl} по следующей формуле:

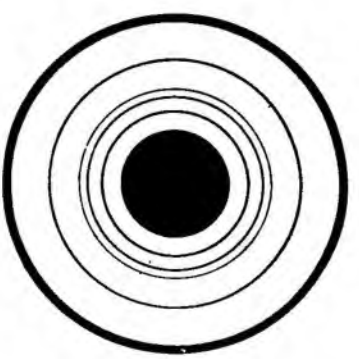
$$rd = D\lambda \text{ или } d_{(hkl)} = \frac{D\lambda}{r} \qquad (1)$$

где r — расстояние середины линии от центра, т. е. радиус кольца;

$d^{(hkl)}$ — межплоскостное расстояние;

D — константа прибора; в нашем случае $D = 1100$ мм, т. е. расстояние от препарата до фотопластинки;

λ — длина волны.



Фиг. 3. Схематическая электронограмма гуминовой кислоты.

В этой формуле все величины, кроме d, являются известными. Для нахождения r на электронограмме измеряется диаметр колец (R), из которого легко найти радиус:

$$r = \frac{R}{2}$$

Длина волны (λ) зависит от напряжения

$$\lambda = \frac{12.25}{\sqrt{V}},$$

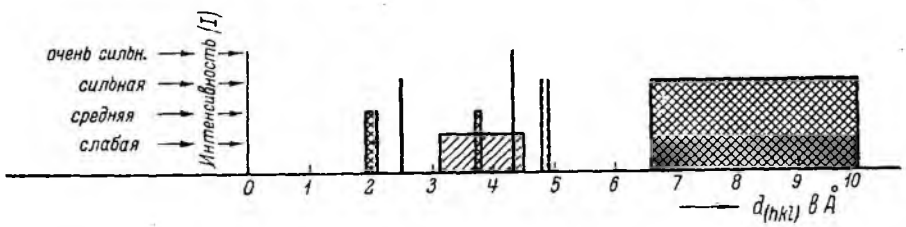
где V выражено в киловольтах.

Так как напряжение нам известно по измерительным приборам, то мы легко находим λ. Более точно λ находится по анализу стандартного вещества, для которого хорошо известны величины $d_{(hkl)}$. Затем измерение диаметров колец на электронограмме (R) позволяет нам найти величину λ по Брэгговской формуле:

$$\lambda = 2d \sin \vartheta, \qquad (2)$$

где $d_{(hkl)}$ — межплоскостное расстояние и является нам известным для стандартного вещества.

В этой формуле остается неизвестным только $\sin\vartheta$. В условиях нашей съемки, когда расстояние от препарата до фотопластинки равно 1100 мм, Брэгговские углы очень маленькие, а поэтому $\sin\vartheta = \operatorname{tg}\vartheta$. В свою очередь $\operatorname{tg}\vartheta = \frac{r}{2D}$. Подставляя вместо $\operatorname{tg}\vartheta$ его значение $\frac{r}{2D}$ в формулу $\lambda = 2d\sin\vartheta$, получим $\lambda = 2d\frac{r}{2D}$ или после упрощения ее $\lambda = \frac{dr}{D}$. В этой



Фиг. 4. Номограмма гуминовой кислоты, изученной электронографическим анализом.

формуле все величины (кроме, конечно, λ) известны. Поэтому легко найти λ. Например, в случае монтмориллонита $d = 4.51$Å, $r = 13.5$ мм и $D = 1100$. Отсюда $\lambda = 0.055$ Å.

Теперь, после установления длины волны (λ), что возможно для любой электронограммы, можно найти величины межплоскостных расстояний $[d_{(hkl)}]$ для искомых соединений. В табл. 6 представлены все расчеты электронограммы каолинита, который служил в нашей работе стандартом.

Таблица 6

Расчет электронограммы каолинита

№ дебаевских колец	R, измеренное на электронограмме	r, найденное по формуле $r = \frac{R}{2}$	$D\lambda$	$d_{(hkl)}$	Интенсивность
1	30.5	15.25	75.4	4.25	Слабая
2	33.5	16.75	—	—	—
3	44.0	22.0	—	4.05	Сильная
4	58.1	29.05	—	3.43	Сл. диффузная
5	88.5	44.25	—	2.59	Сильная
6	100.0	50.0	—	1.70	Слабая
7	116.0	58.0	—	1.55	Средняя
8	120.4	60.2	—	1.30	Слабая
—	—	—	—	1.25	Слабая

Зная теперь длину волны при напряжении 60 kV, можно приступить к расчету электронограммы гуминовой кислоты, полученной при тех же условиях. Таким путем найдены величины $d_{(hkl)}$ для гуминовой кислоты (табл. 5 и фиг. 3).

Прежде всего отметим различие полученных данных d для гуминовой кислоты рентгенографически и электронографически (табл. 7).

Как видно из данных табл. 7, на электронограмме содержатся все три кольца, [1] которые были получены при рентгенографическом исследовании гуминовых кислот.

[1] Небольшие расхождения в значениях d находятся в пределах измерения.

Таблица 7

Сравнение электронографической и рентгенографической характеристик для гуминовой кислоты из чернозема

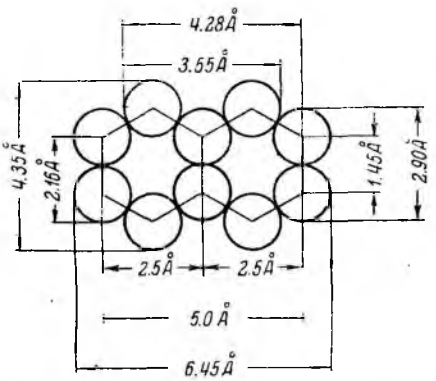
Электронографические данные		Рентгенографические данные	
$d_{(hkl)}$ в Å	интенсивность	$d_{(hkl)}$ в Å	интенсивность
6.59	Ореол	—	—
4.88	Сильная (диффуз.)	5.52	Оч. сильная
4.31	Оч. сильная	—	—
3.74	Средняя	3.43	Сильная
3.16	Ореол	—	—
2.48	Сильная	—	—
2.16	Средняя (диффуз.)	2.08	Сильная

Кроме этих 3 дебаевских колец, на электронограммах имеются еще добавочные 4 кольца. Эти дополнительные кольца относятся за счет деталей кристаллической структуры гуминовой кислоты, которые не фиксировались при рентгенографии их.

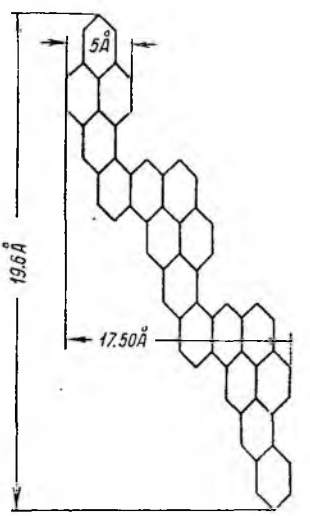
Для того, чтобы разобраться в полученной дифракционной картине гуминовой кислоты, рассмотрим ее кристаллохимические расчеты. В основу этих расчетов положена модель Фукса (фиг. 5).

Расчеты 2 бензольных колец (фиг. 5) показывают, что, участвуя в структуре гуминовой кислоты, они могут дать на электронограмме следующие величины d : $d = 2.5$ Å; $d = 5.0$ Å; $d = 6.45$ Å; $d = 1.45$ Å; $d = 2.90$ Å; $d = 3.55$ Å; $d = 4.28$ Å; $d = 2.16$ Å и $d = 4.35$ Å.

Сравнивая эти значения d с теми, которые получены нами на электро-



Фиг. 5. Кристаллохимические расчеты размеров бензольных колец.



Фиг. 6. Кристаллохимические расчеты размеров молекулы гуминовой кислоты.

нограмме (табл. 7), мы находим совпадения, значит и объяснения следующим кольцам: $d = 6.59$ Å, для которого расчеты дают $d = 6.45$ Å; $d = 4.88$ Å, для которого расчеты дают $d = 5.0$ Å; $d = 4.31$ Å, для которого имеется 4.28 Å и 4.35 Å; $d = 2.48$ Å, для которого расчет дает 2.50 Å и $d = 2.16$ Å, для которого имеется 2.16 Å. Остается найти объяснение для $d = 3.16$ Å и для $d = 3.74$ Å. Величина $d = 3.74$ Å того же порядка, что и рентгеновская $d = 3.43$ Å и относится к расстоянию между двумя графитовыми плоскостями в кристаллической решетке гуминовой кислоты.

Расхождения в значениях d, полученных электронографически (3.74) и рентгенографически (3.43), понятно, слишком большие для того, чтобы объяснить их ошибкой опыта. Скорее всего это расхождение относится за счет раздвижения плоскостей в гуминовой кислоте подобно тому, как это имеет место в графите. Более сухой препарат имеет расстояние между главными плоскостями более узкое, чем более влажный препарат.

В нашем случае препарат гуминовой кислоты, подвергавшийся электронографии, был более влажный, чем при рентгенографировании. Это одно из возможных и вероятных объяснений. Что касается кольца $d = 3.16$ Å, то оно пока не получает своего объяснения. Трудно найти такой участок в структуре гуминовой кислоты, который давал бы такие расстояния, как $d = 3.16$ Å. Если принять во внимание целую молекулу гуминовой кислоты (фиг. 6), то и здесь невозможно найти величину $d = 3.16$ Å. Между прочим, длина и ширина молекулы гуминовой кислоты не отразилась на электронограмме, потому что они имеют слишком большое значение $d > 7$ Å. А эта величина уже не фиксируется на электронограммах и находится за пределами разрешающей способности данного электронографа.

РЕЗЮМЕ

1. Приведены новые данные по рентгенографии гуминовых кислот.

2. Показано, что гуматы аллюминия, кальция и натрия дают отличные от гуминовой кислоты спектры.

3. Приведены электронографические исследования гуминовых кислот и даны их объяснения.

ЛИТЕРАТУРА

Вильямс В. Почвоведение, М. 1920.

Седлецкий И. Строение и свойства гуминовой кислоты и ее структурная и генетическая связь с углями и лигнинами. Акад. Наук, М., 1937.

Седлецкий И. Почвенная рентгенография. Акад. Наук, М., 1939.

Elbe G. v. The Nature of sucrose caramel. Journ. Amer. Chem. Soc., v. 58, 600, 1936.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

СБОРНИК ПАМЯТИ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

Г. В. ГЕММЕРЛИНГ и Н. Г. ЗЫРИН

ИНСТИТУТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

К ВОПРОСУ О РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОМ АНАЛИЗЕ ГУМИНОВОЙ КИСЛОТЫ (ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ СООБЩЕНИЕ)

Вопросам строения, состава и происхождения органических веществ почв давно уже уделяется большое внимание в отечественной и мировой литературе.

Еще в 1826 г. Шпренгель глубоко и серьезно подходил к изучению гумуса почвы. Но, несмотря на значительную давность исследования гумусовых веществ почвы, до настоящего времени нет еще единого мнения о структуре, строении и составе органической части почвы.

Для изучения гумуса исследователи применяли различные методы — химические, биологические, физикохимические и др.

Среди других ученых покойный академик В. Р. Вильямс (1914) посвятил значительную часть своей жизни исследованию перегнойных кислот. В отличие от большинства исследователей Василий Робертович уже давно высказывался за кристаллическую структуру перегнойных кислот почвы.

В последнее время для изучения гуминовых кислот был применен рентгенографический метод советским ученым И. Д. Седлецким (1937), данные которого отчасти подтверждают высказанные ранее соображения Вильямса.

Рентгенографическому исследованию гуминовых кислот посвящена и настоящая работа.

Исследованию были подвергнуты гуминовые кислоты, выделенные из перегнойных горизонтов мощного чернозема Куйбышевской области и черноземного солонца Башкирской АССР. [1]

Гуминовые кислоты извлекались $^1/_4$ *N* раствором соды при комнатной температуре. Один же образец гуминовой кислоты (№ 9) экстрагировался $^1/_{16}$ *N* раствором соды. Содовые вытяжки из почв последовательно фильтровались через свечи Беркефельда и Шамберлена. В фильтратах гуминовая кислота осаждалась соляной кислотой, очищалась в диализаторах из пергаментной бумаги и высушивалась над серной кислотой в эксикаторах.

Чтобы выяснить влияние гидролиза крепкой H_2SO_4 на структуру гуминовой кислоты, один из образцов почвы (№ 39) перед щелочной вытяжкой обрабатывали 80% H_2SO_4 при комнатной температуре (отношение H_2SO_4 к почве 1.5 : 1); далее кислоту разбавляли до 5% концентрации и почву с кислотой кипятили в течение $2^1/_2$ часов, а затем, после удаления серной кислоты (промыванием остатка почвы водой), гуминовую кислоту извлекали из почвы щелочной вытяжкой, как описано выше.

Для характеристики исследованных гуминовых кислот приводим содержание в них углерода и зольных веществ (табл. 1).

---

[1] Три образца гуминовой кислоты были нам любезно предоставлены проф. В. В. Геммерлингом, за что мы ему выражаем искреннюю благодарность.

Таблица 1

Содержание золы и углерода в гуминовых кислотах

Почвы	Концентрация соды, взятая для экстрагирования	% золы	Содержание углерода в % на беззольную кислоту
Мощный чернозем (№ 40)	1/4 *N*	9.55	55.75
Мощный чернозем (№ 9)	1/4 *N*	0.58	60.30
То же (№ 18)	1/16 *N*	0.75	58.31
Чернозем после гидролиза 80% H_2SO_4 (№ 39)	1/4 *N*	0.85	56.89
Солонец	1/4 *N*	5.0	56.55

На основании такого подбора образцов, мы попытались выяснить вопросы о тождественности гуминовых кислот, выделенных различными концентрациями соды, а также влияние на структуру гуминовой кислоты предварительной обработки 80% серной кислотой и, наконец, влияние содержания зольных элементов в образцах на рентгенограмму гуминовых кислот.

МЕТОДИКА РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Съемка рентгенограмм гуминовой кислоты проводилась по методу Дебая-Шеррера в камерах конструкции Физического института Московского государственного университета с диаметром кассеты около 57.3 мм, а также в камерах для лауэграмм.

Объект для съемки в камерах типа Дебая приготовлялся приемом, описанным Катцом (1937).

Для этого воздушно-сухой образец гуминовой кислоты растирали в агатовой ступке с несколькими каплями воды. Получалась тестообразная масса, которой наполняли капилляр 0.8 мм в диаметре.

Затем гуминовую кислоту выпрессовывали из капилляра проволокой на бумагу, сушили и полученный таким образом столбик ставили на держатель камеры.

Для получения дебаевских колец, расположенных близко к центральному пучку, иногда кассету камеры типа Дебая поворачивали на 90° от нормального ее положения.

Центрировка объекта в камерах проводилась на-глаз. Для съемки в камерах типа Лауэ объект наклеивали на диафрагму слоем 0.5—0.75 мм толщиной. Расстояние объекта от фотопленки 4.74 мм.

Съемку проводили нефильтрованным лучом от железного анода трубки типа Хаддинга при 35 kV, 10—15 mA.

Дебаеграмма гуминовой кислоты солонца показывает наличие двух колец, середина одного из которых соответствует d_{hkl} 3.24 Å, другого — 2.19 Å. Из них первое очень сильное, широкое (более 0.6 см), диффузное кольцо, второе — очень слабое, размытое, тоже широкое кольцо.

Гуминовая кислота чернозема № 9, извлеченная 1/4 *N* Na_2CO_3, содержащая 0.58% золы, дает на рентгенограмме два диффузных кольца, ясно заметных. Первое кольцо соответствует d_{hkl} 5.82 Å, среднеинтенсивное, шириною 2—3 мм, второе, среднее кольцо, отвечающее d_{hkl} 3.56 Å очень интенсивное, шириною 3—4 мм. Далее можно едва уловить глазом потемнение на рентгенограмме в виде расплывчатого диффузного кольца с d_{hkl} 2.10 Å.

Рентгенограмма гуминовой кислоты того же чернозема, которая извлекалась $^1/_{16}$ N Na_2CO_3, дает ясно различимое одно кольцо с d_{hkl} 3.50 Å и очень слабо выраженное кольцо с d_{hkl} 5.82 Å. Рентгенограмма в камере Лауэ гуминовой кислоты мощного чернозема (обр. № 9), извлеченного $^1/_4$ N раствором соды, дала возможность более подробно исследовать диффузное кольцо с d_{hkl} около 3.50 Å. Оказалось, что это диффузное кольцо сложено в свою очередь из ряда колец, чего нельзя было видеть на рентгенограммах, полученных в камерах Дебая (см. схему).

В пределах указанного кольца можно различить четкое (средней интенсивности, шириною 1 мм) недиффузное кольцо с d_{hkl} 3.98 Å, от которого к периферии расположена среднеинтенсивная часть всего кольца. Это кольцо имеет менее выраженное (слабой интенсивности) второе недиффузное кольцо с d_{hkl} 3.52 Å. Далее от этого кольца идет интенсивное диффузное, широкое (3—4 мм) кольцо с размытыми краями к периферии снимка (см. схему).

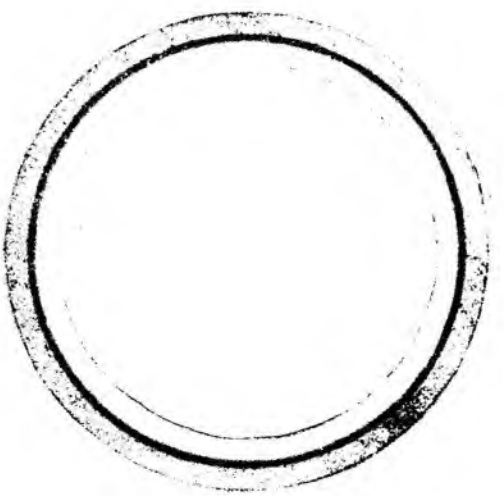


Схема строения кольца с d_{hkl} около 3.50 Å по снимку в камере Лауэ.

Гуминовая кислота пензенского чернозема (обр. № 40), экстрагированная $^1/_4$ N раствором соды, при большом содержании золы не дает колец на рентгенограмме; после дополнительной очистки та же гуминовая кислота дает дебаеграммы, аналогичные тем, которые описаны выше для образца № 9.

Своеобразный интерес представляет рентгенограмма гуминовой кислоты № 39, полученная из чернозема до экстракции содой обработанного 80% H_2SO_4. Этот образец гуминовой кислоты дает те же кольца с d_{hkl} 6.01 Å, 3.37 Å и 2.19 Å, но значительно четче выраженные, чем на снимках гуминовой кислоты до гидролиза 80% H_2SO_4. Некоторый сдвиг d_{hkl} в сторону больших величин по сравнению с данными рентгенограмм гуминовой кислоты, полученной из того же чернозема без предварительного гидролиза 80% H_2SO_4, едва ли является указанием на изменение структуры, а скорее на трудность промера колец на рентгенограммах.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ

Прежде всего мы должны отметить, что в согласии с выводами работ Седлецкого И. Д., по рентгеноструктурному анализу гуминовая кислота дает снимки, аналогичные рентгенограммам высокополимерных соединений.

Если сопоставить наши данные снимков гуминовой кислоты в камерах типа Дебая с аналогичными снимками, полученными ранее Седлецким (1937), то можно видеть относительно хорошее совпадение величин d_{hkl} гуминовых кислот нашего опыта и опытов Седлецкого (табл. 2).

Некоторое несовпадение d_{hkl} наших данных и Седлецкого неизбежно, как результат различного приготовления образцов для анализа и других методических различий. Возможно, что эти несовпадения указывают и на структурные особенности анализируемых образцов гуминовой кислоты. Окончательное решение этого вопроса (некоторое различие d_{hkl}) возможно

Таблица 2

Результаты измерения рентгенограмм гуминовых кислот

№ линий	Гуминовая кислота солонца		Гуминовая кислота чернозема № 9		Гуминовая кислота чернозема № 39		Данные Седлецкого			
							Гуминовая кислота № 3		Гуминовая кислота № 2	
	d в Å	интенсивность	d в Å	интенсивность	d в Å	интенсивность	d в Å	интенсивность	d в Å	интенсивность
1	Нет	—	5.82	Ср.	6.01	Ср.	5.52	Ср.	5.52	Ср.
2	3.24	Оч. сильн.	3.56	Оч. сильн.	3.37	Оч. сильн.	3.47	Оч. сильн.	3.43	Оч. сильн.
3	2.19	Оч. слабая	2.10	Оч. слаб.	2.12	Оч. слаб.	2.08	Сильн.	2.18	Сильн.

только тогда, когда накопится большой фактический материал по структурному анализу гуминовой кислоты.

Как уже указывалось, своеобразную рентгенограмму имеет гуминовая кислота солонца по сравнению с гуминовой кислотой чернозема: в ней отсутствует линия с d_{hkl} около 6.0 Å, а линия с d_{hkl} 3.24 Å необыкновенно широка. Повидимому, это указывает на своеобразную структуру гуминовой кислоты солонца. Возможно, генезис почв солонцеватого ряда сказывается на строении и органических веществ, что, собственно, аналитическими приемами было установлено и ранее (Тюрин, 1937).

Большой интерес представляет рентгенограмма гуминовой кислоты № 9, полученная в камере Лауэ. Присутствие на ней колец не только диффузного характера указывает, что в гуминовой кислоте наравне с кристаллитами имеются и кристаллы размерами 10^{-5} см и выше.

В начале нашей статьи мы сказали, что гуминовая кислота дает рентгенограммы типа высокополимерных соединений. Но, повидимому, не вся гуминовая кислота состоит из близких по строению и составу молекул. Вероятно, наравне с типичной «аморфной» высокополимерной частью в гуминовой кислоте присутствуют также молекулы, близкие по составу и строению, образующие кристаллы достаточно большого размера. Какая часть гуминовой кислоты представлена в хорошо окристаллизованном виде и как велико ее содержание в гуминовых кислотах различных почвенных типов — пока не выяснено.

Неоднородность молекул, составляющих гуминовую кислоту, выделяемую щелочной вытяжкой, очевидна из признания полимерности этого соединения, а также сложности и разнообразия веществ, подвергающихся гумификации в почве.

Проф. Е. П. Троицкий уже давно указывал на это в своих лекциях по химии почв. По его мнению, фрагменты сложного полимера, каким является гуминовая кислота, так же как и аналогичных соединений целлюлозы, каучука и др., должны вести себя химически и кристалло-химически не одинаково.

Проф. В. В. Геммерлинг еще в 1921 г. указывал на возможность присутствия в гуминовой кислоте различных по составу, цвету и физикохимическим свойствам фракций не одинаковых по величине частиц.

Благодаря рентгеноструктурному анализу, указанные предположения и гипотезы становятся реально наблюдаемыми явлениями. Но не только наличие недиффузных колец на рентгенограмме гуминовой кислоты указывает на неоднородность последней. Неоднородность также подтверждается рентгенограммами тех образцов гуминовой кислоты, которые были получены из чернозема, предварительно обработанного крепкой серной кисло-

той. Повидимому, в этом случае часть фрагментов гуминовой кислоты была удалена, и поэтому на снимке несколько четче выделяются линии нерастворимой гуминовой кислоты. На то же, повидимому, указывают и менее ясно различимые линии на рентгенограмме гуминовой кислоты, экстрагированной из чернозема $^1/_{16}$ N Na_2CO_3.

Не менее интересно также отсутствие линий на рентгенограммах гуминовых кислот, содержащих значительный процент зольных элементов, которые, повидимому, мешают кристаллизации. На основании этого можно предположить, что условия для кристаллизации гуминовых кислот в почвах не вполне благоприятны.

Время с момента выделения гуминовой кислоты до снятия рентгенограмм не сказывается в заметной степени на упорядочении молекул. Так, образцы гуминовой кислоты, выделенные в 1911 г., дали рентгенограммы, аналогичные образцам, полученным в 1938 г.

ВЫВОДЫ

1. Гуминовые кислоты по структуре аналогичны высокополимерным соединениям.

2. Гуминовые кислоты различных почв неоднородны по структуре.

3. Более однородные фрагменты гуминовой кислоты кристаллизуются, образуя частицы твердого вещества порядка 10^{-5} см и больше.

ЛИТЕРАТУРА

Вильямс В. Р. Почвоведение (1914—1920).
Катц И. Р. Рентгенография коллоидов и тканей. 1937.
Седлецкий И. Д. Строение и свойства гуминовой кислоты. 1937.
Тюрин И. В. Органическое вещество почвы. 1937.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СБОРНИК ПАМЯТИ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

П. П. КАНИВЕЦ
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ САХАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (КИЕВ)

О «ЗОНАХ» ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ И МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОЧВЕ В СВЯЗИ С ПРОЦЕССАМИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ

1. ПУТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ ПОЧВ

Вопросы взаимодействия микроорганизмов в почве привлекают все больше и больше внимание работников сельскохозяйственных наук в связи с задачей, поставленной перед социалистическим земледелием — всесторонне использовать бесчисленное количество невидимых живых «машин», населяющих почву, и направить их деятельность на улучшение почвенного плодородия, снижение заболеваемости растений и повышение урожайности всех сельскохозяйственных культур.

В настоящее время достаточно ясно вырисовываются основные пути решения этих задач. Для этого нужно: 1) ускорить процессы окультивирования почв (нарастание прочности структуры) и усилить нарастание подвижных элементов питания, способных усваиваться растением по мере его роста; 2) повысить коэффициент использования органических удобрений и растительных остатков в почве, посредством переработки их микроорганизмами; 3) улучшить санитарные условия почв путем искусственного заражения их микроорганизмами, которые ослабляли бы или прекращали бы развитие бактерий, грибов и актиномицетов, вызывающих заболевания сельскохозяйственных растений и особенно их корневых систем.

Мы уже не останавливаемся на усилении действия азотфиксирующих микроорганизмов в почве, так как этот вопрос в достаточной мере ясен и пользуется заслуженным вниманием.

В последнее время привлекает все больше внимания и вопрос о биологических мерах борьбы с вредителями сельскохозяйственных растений, путем использования в качестве активных агентов почвенных грибов и бактерий.

Поставленные задачи не являются новыми, но они и не старые. Их решение в свете последних достижений микробиологии и микологии значительно облегчается; это обстоятельство вселяет уверенность, что новая волна увлечения микробиологическими проблемами будет более плодотворна и закрепится практикой. Залогом успеха является и то, что в настоящее время имеется правильное понимание поставленной задачи и более глубокое познание почв. Большое значение в этом вопросе имеют также новые данные о корневых системах (ризосфере) и органических остатках в почве, в сфере которых в основном и развивается интенсивная жизнь микроорганизмов

Степень выраженности этой жизнедеятельности в почве измеряется многими показателями состояния почвы, в частности прочностью структуры,

подвижностью питательных веществ, составом органического вещества и почвенного воздуха, состоянием водного режима почвы. В настоящем сообщении приводятся материалы, характеризующие изменения структуры почвы.

2. ОБРАЗОВАНИЕ ПРОЧНОЙ СТРУКТУРЫ И РОЛЬ В ЭТОМ МИКРООРГАНИЗМОВ

Практикой издавна установлен факт наличия прочных комочков почвы вокруг корней большинства растений; впоследствии эти наблюдения были обобщены и послужили основой учения о роли растительного покрова, особенно многолетних трав, в образовании прочной структуры (Костычев, 1892; Вильямс, 1919 и в более ранних работах). Объясняется это явление, главным образом, механическим воздействием корневых систем, в результате которого более крупные структурные отдельности разделяются на более мелкие, которые затем, под влиянием продуктов анаэробного разложения корневых остатков, приобретают устойчивость против размывающего действия воды (Вильямс).

Известную роль в образовании прочной структуры приписывают также периодическому высыханию и увлажнению, промерзанию и оттаиванию.

Таким образом, основными факторами структурообразования считают давление и продукты анаэробного разложения, причем действие продуктов анаэробиозиса можно, очевидно, рассматривать в конечном итоге, как свертывание (Гедройц, 1926).

Прямых наблюдений над тем, какие именно микроорганизмы даже среди анаэробов влияют на структурообразование, и над их отношением к живым и мертвым органическим веществам в почве — не имеется. В данном случае можно говорить только об отдельных положениях, высказываемых Виноградским (1921), Gräf (1930), Фагелером (1938), Ваксманом (1937) и др.

В отношении положительной роли грибов в образовании прочной структуры почвы, не считая наших работ (1935 г. и последующие), имеются указания только у Niethammer (1937) и у Ваксмана (1937); при этом Niethammer ограничилась лишь ссылкой на то, что в крошении почвы работа грибов имеет важное значение. Более конкретно оттеняет роль свободно живущих и микоризных грибов в структурообразовании Ваксман. Он определенно указывает на их роль в изменении структуры и в качестве иллюстрации своей мысли приводит пример цементации песчаных частиц грибом из рода *Zygorhynchus*, семейства *Mucoraceae*. Однако Ваксман считает, что «эта функция микроорганизмов, направленная на связывание почвенных частиц и улучшающая тем самым почвенную структуру, вообще еще не осознана» (Ваксман, 1937).

Фагелер (1938) наблюдал положительное действие на структурообразование актиномицетов; этот же автор вслед за Ланге склонен считать, что азотобактер, особенно на известкованных почвах, играет основную роль в улучшении их структуры.

Положительное влияние азотобактера вместе с грибом *Trichoderma lignorum* установлено нашими опытами совместно с Н. П. Корнеевой (1937).

Одновременно в литературе имеется много прямых и косвенных указаний на отрицательную роль грибов, притом со стороны авторитетных ученых. Так, все учение акад. В. Р. Вильямса о процессе подзолообразования построено на действии кислот типа креновой, образование которой происходит, главным образом, в результате разрушения деревянистых остатков, преимущественно низшими грибами.

Как известно, в результате длительного воздействия кислот типа креновой, согласно учению В. Р. Вильямса, верхние горизонты почвы теряют

карбонатный и обменный кальций, затем из породы удаляется вся окись железа и марганца, разрушается весь каолин, в результате чего почва утрачивает аггрегатное состояние, т. е. приобретает свойство бесструктурности.

Так проявляется грибной процесс преимущественно под покровом лесной растительности (особенно на бескарбонатной материнской породе) и при наличии определенного количества и состава грибов; в условиях черноземного и солонцевато-солончакового типов почвообразования, как показали наши исследования, некоторые почвенные грибы, в частности *Trichoderma lignorum*, ведут себя по-иному.

Из косвенных указаний, подтверждающих положения В. Р. Вильямса, интересны наблюдения Виноградского о том, что при грибном процессе не образуется слизи (Winogradsky, 1929). В Советском Союзе целиком эту точку зрения разделяет и развивает в своих работах Гельцер (1939).

Значительный интерес в этом отношении представляют работы Falck, который различает три вида разложения: 1) полный распад при участии только грибов, без гумусообразований; 2) разложение при участии сначала грибов, потом гумифицирующих бактерий; 3) оторфование — накопление неразложенных остатков при недостаточном развитии грибов.

Не имея возможности ознакомиться с работой Falck в оригинале и его экспериментальным материалом, послужившим для подобного рода выводов, мы только можем отметить, что его выводы противоречат не только работам Костычева (1886), Frank (Райло, 1928) о положительной роли грибов в гумификации, но и Виноградского (1929), который также придает определенное значение грибам в образовании темного вещества перегноя.

В стороне от вывода Falck стоят и работы Shrikhande (1933), который в результате изучения действий бактерий и грибов на разложение соломы и образование клеющих веществ, пришел к следующим выводам: 1) грибы и бактерии, работая независимо один от другого, не продуцируют клейкость; 2) разложение, вызванное грибами с последующим действием *Spirochaeta Cytophaga*, продуцирует клейкость; 3) прогрессивное разложение при помощи гриба (в том числе и *Trichoderma lignorum*. — *И. К.*) и последующей инокуляции *Spirochaeta Cytophaga* продуцирует клейкость даже в том случае, если период действия гриба был краток; 4) одновременная инокуляция гриба и *Spirochaeta Cytophaga* продуцирует клейкость очень слабо.

Таким образом, из опытов Shrikhande вытекает, что для разложения соломы в целях получения веществ необходимо комплексное воздействие грибов и бактерий. Попытка Shrikhande объяснить низкое значение клейкости для грибов возможной неспособностью их синтезировать микробную ткань, имеющую первенствующее значение для продуцирования клеющих веществ, также не является убедительной, ибо хорошо известно, что большинство бактерий такое вещество продуцирует; однако этого оказалось недостаточно для продуцирования клейкости из соломы. Очевидно, в такой же самой мере выводы Shrikhande в отношении грибов можно отнести и за счет бактерий.

Нам кажется, что в этом вопросе более верным явится иное решение, а именно: ни один микроорганизм, будь он бактерия, гриб или актиномицет, в силу своей специализации не в состоянии полностью произвести разложение и образование вновь синтезированного органического вещества в таком количестве и в те короткие сроки, как это осуществляется при комплексном воздействии, причем имеет-

ся определенная последовательность в разложении, которая в основном зависит от физико-химического состава вещества, его структуры и условий протекания процесса. Такого рода действия микроорганизмов подтверждаются всеми данными почвенной микробиологии, в частности работами Красильникова с сотрудниками (1934, 1936), а также нашими с Н. П. Корнеевой исследованиями о действии грибов *Trichoderma lignorum*, *Aspergillus niger*, а также *Azotobacter croococum*, *Bac. mycoides* и *Spirochaete Cytophaga* на образование прочной структуры. Очевидно, благодаря комплексному воздействию грибов и бактерий наблюдалось образование прочных агрегатов и в опытах Алешиной (1936) и Гельцер (1937).

Для более глубокого решения затронутых вопросов, очевидно, необходимо также более подробно осветить течение процесса структурообразования и особенности жизнедеятельности и распределения микроорганизмов в почве; в расшифровке последнего особенно большую помощь могут оказать достижения в изучении микронаселения ризосфер культурных растений, вскрытые работами Starkey в США, Graf в Германии (1930), Красильникова и др. в СССР (1934, 1936).

Установление факта неравномерного распределения микроорганизмов в почве и их локального развития в микрозонах позволило также подойти вплотную к выяснению взаимодействия микроорганизмов высших растений в связи с образованием прочной структуры почвы. Что растения и особенно многолетние злаковые и бобовые травы обладают высокой структурообразующей способностью, не вызывает ни в ком сомнения и в достаточной степени доказано многими исследователями, и особенно академиком В. Р. Вильямсом.

Имеются также данные о способности однолетних культурных растений повышать водопрочность структуры почв (Канивец и Прицкер 1937, Канивец 1938). Подтверждается это и наблюдениями на Тамбовской оп. станции в 1938 г., на основании которых Н. С. Авдонин (1935) делает вывод, что изменения в структурном составе почв происходят не только под многолетними травами, но и под овсом и на пару.

В результате даже такого краткого литературного обзора основных положений о роли бактерий, актиномицетов, грибов и культурных растений в структурообразовании, можно прийти к выводу, что в данном вопросе нет еще определенной и притом в достаточной степени обоснованной точки зрения. К тому же имеющийся экспериментальный материал очень ограничен.

В исследованиях по затронутому вопросу для нас исходной позицией явились взгляды Павла Андреевича Костычева на значение бактерий, особенно грибов, в образовании органического вещества почвы и учение Василия Робертовича Вильямса о роли биологических процессов в почвообразовании и значении органического вещества для создания прочной структуры почвы.

3. ИЗМЕНЕНИЕ ПРОЧНОСТИ СТРУКТУРЫ ПОД ПОКРОВОМ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

Методика исследования, принятая нами в 1939 г., ничем существенно не отличалась от ранее нами описанной (Канивец и Прицкер, 1938; Канивец, 1939).

В данном случае можно только оттенить ряд дополнительных приемов исследований, связанных с изучением действия микроорганизмов в сфере корня и почвы в широком смысле (ризосфера) и в области корня непосредственно на его поверхности с тесно примыкающими почвенными комочками (корень). Для определения состава микроорганизмов на корнях последние осторожно освобождали от комочков почвы, затем из них готовили, путем отмывания корней, взвесь и переносили ее после раз-

бавления на питательную среду в количестве 1 см³. Остатки навоза так же стерильно набирали, как и корни, готовили взвесь и тоже переносили на питательную среду. Все наблюдения и отбор образцов произведены на участках экспериментального опытного поля лаборатории агропочвоведения ВНИС (Киев, Батыева Гора); почва среднеоподзоленная, крупнопылеватого механического состава. Аггрегатный анализ произведен при полевой влаге и воздушно-сухом состоянии; приводятся результаты первого определения, повторность двух- и четырехкратная.

Лабораторные наблюдения проведены по двум схемам: 1) на макроделянках и 2) на микроделянках.

Макроделянки входят в пятипольный севооборот с многолетними злаковыми и бобовыми травами с таким чередованием культур: озимая пшеница, сахарная свекла, овес с подсевом трав и травы первого и второго года жизни. Гриб *Trichoderma lignorum* внесен в виде препарата на свекловичном жоме в количестве 15 кг/га; при заражении почвы в течение 2—3 лет, количество препарата достигало 30—45 кг. Размер делянки около 1000 м².

Микроделянки были расположены на участке, имеющем следующую историю: 1936 г. — сахарная свекла; 1937 г. — овес с подсевом клевера (хозяйственный посев), и так как клевер был сильно изрежен, то осенью участок площадью $^1/_3$ га был вспахан с предварительным внесением 50 т/га навоза; 1938 г. — овес с подсевом клевера на 2000 м² и клевера, тимофеевки и ежи сборной на 1000 м²; ранней весной в 1939 г. на первом участке (по клеверу) были разбиты микроделянки и произведен посев кукурузы, ячменя, люцерны, клевера и тимофеевки; часть делянок осталась под паром. Размер делянки 2 м². Остальная часть участка была занята клевером, урожай которого в 1939 г. достигал 29.3 ц/га сена (первый укос), а с подсевом злаковых трав — 33 ц/га; второй укос не учитывался, так как в условиях резко выраженной засухи травы слабо развивались. Подготовлены микроделянки обычным способом: почва перелопачена, легонько выравнена граблями, затем произведен посев. Гриб *Trichoderma lignorum* внесен в количестве 60 г на 2 м².

Опыт с сахарной свеклой был заложен по многолетним злаковым и бобовым травам посева 1938 г. Дозы гриба от 5—10 г до 360 г на 1 м². История участка та же, что и для клевера.

Как ниже будет показано, весенняя вспашка клеверища резко изменила направление почвенного процесса, и, в частности, характер структурообразования.

В этом же году на одном из участков пятипольного севооборота нами было проведено изучение прочности структуры по клеверу третьего года жизни, дернина которого была вспахана 26 июня, 15 июня и 8 июля с последующей перепашкой 1 августа всего участка и предварительным внесением навоза в количестве 30 т/га. Состояние травостоя вначале было хорошим. В 1937 г. сена было собрано от 5—6 до 33.5 ц/га (колебания в зависимости от степени окультуренности), в 1938 г. сена было от 39.6 до 114.8 ц/га (Рубашев, 1939). В 1939 г., во время первого укоса, собрали от 14 до 17.2 ц/га; второй укос был значительно ниже и не учитывался. Выпадение клевера на третий год жизни, как видно из данных урожайности, значительное, что объясняется плохими условиями перезимовки и последующей засухой. Кроме клевера, в 1939 г. на этом участке появилось много люцерны и в небольшом количестве — многолетние злаковые травы.

Целью наших опытов было: 1) изучить изменения структуры почвы в ризосфере сахарной свеклы, озимой пшеницы, ячменя, овса, проса, кукурузы, клевера, люцерны, тимофеевки, ежи сборной и других многолетних трав; 2) изучить развитие микроорганизмов в ризосфере вышеназванных растений и их качественный состав; 3) изучить изменения прочности структуры в связи с разными сроками вспашки дернины.

Разбор результатов исследования начнем с изучения прочности структуры в зимний период. Образцы почвы для этого были взяты в феврале месяце по двум участкам: по клеверу 3-го года жизни (посев 1937 г.) и зяблевой пахоте (сахарная свекла 1938 г.). В этот же день, 26 февраля 1939 г., были взяты образцы на микробиологический и химический анализы. Как следует из данных табл. 1, прочность (водоустойчивость) структуры в это время, в силу высокой влажности, особенно в пахотном горизонте, очень низкая.

Как видно из табл. 1, различия в состоянии структуры по участкам не находятся в зимний период ни в какой связи с их окультуренностью, а определяются в данном случае характером их «зимнего состояния». Заслуживает внимания факт низкого содержания влаги на глубине 20—40 см по клеверу, особенно на менее унавоженном участке (I фон). Следует также

отметить, что водопрочность почвенных комков подпахотного горизонта значительно выше, особенно по клеверу, в сравнении с пахотным.

Тот факт, что в зимний период на оподзоленных почвах имеется явное снижение водопрочности структуры, подтверждают наблюдения, произведенные на этих же участках осенью 1938 г. и весной — летом 1939 г. (табл. 2).

Таблица 1

Прочность структуры почвы в зимний период

(в %)

Культура	Содержание опыта	Влажность в %				Сумма аггрегатов > 0.25 мм[1]			
		I фон[2]		III фон[3]		I фон		III фон	
		0—20 см	20—40 см	0—20 см	20—40 см	0—20 см	20—40 см	0—20 см	20—40 см
Клевер посева 1937 г.	Контроль	23.7	13.2	29.9	13.5	3.7	3.8	3.5	11.2
	Внесен гриб	23.8	13.2	24.6	15.3	5.4	7.3	7.0	12.7
Зяблевая пахота	Контроль	28.7	17.9	24.9	17.3	3.9	8.0	5.4	8.0
	Внесен гриб	31.1	21.5	26.6	17.0	6.0	6.9	6.8	9.1

Таблица 2

Изменение прочности структуры в течение 1938/39 гг. в пахотном горизонте

(в %)

Культура	Содержание опыта	Сумма аггрегатов > 0.25 мм			
		10/X—1938	26/II—1939	7/IV—1939	19/VII—1939
Клевер посева 1937 г.	Контроль	20.8	3.7	18.0	22.5[4]
	Внесен гриб	30.3	5.4	19.5	27.6
Сахарная свекла в 1938 г., овес в 1939 г.	Контроль	11.5	3.9	5.2	14.8
	Внесен гриб	16.5	6.0	10.6	17.8

В какой мере отразились в зимний период на резком снижении прочности структуры изменения в сочетании биологических процессов — сказать затруднительно, так как определение количества микроорганизмов принятыми в настоящее время методами, особенно для зимнего периода, характеризует скорее потенциальные возможности развития микроорганизмов, чем их действительное проявление. Только в таком разрезе имеет смысл рассмотреть микробиологические анализы «зимних образцов» пахотного горизонта (табл. 3).

Если сравнивать данные, приведенные в табл. 3 с содержанием микроорганизмов в летне-весенние периоды в почве этих же участков, то видно, что влияние разных температур, главным образом, отразилось на количественном и качественном составе грибов, а именно: в зимний период общее

[1] Аггрегатный анализ производили во всех случаях по методу А. Ф. Тюлина при 30-кратном погружении («купании») навески почвы в воду.

[2] I фон — навоз внесен в количестве 50 т; N — 154 кг; P_2O_5 — 68 кг; K_2O—160 кг.

[3] III фон — навоз внесен в количестве 100 т; N—260 кг; P_2O_5—162 кг; K_2O—292 кг.

[4] Определение аггрегатного состава произведено 3/IX по озимой пшенице, по вспаханному клеверищу.

Таблица 3

Количество микроорганизмов и их состав

(бактерии в млн., грибы в тыс. на 1 г почвы)

Культура	Содержание опыта	Общее количество		*Trichoderma lignorum*[1]	*Penicillium*	*Fusarium*	*Mucoraceae*	*Gliocladium*	Прочие грибы
		бактерий	грибов						
Клевер посева 1938 г.	Контроль	13.2	87	0	63	63	0	3	13
	Внесен гриб	18.1	77	6	36	6	0	2	18
Зяблевая пахота	Контроль	15.6	153	0	43	10	7	7	16
	Внесен гриб	10.9	123	7	13	10	3	0	44

количество грибов уменьшилось в $2^1/_2$ раза. Количество бактерий при сравнении с содержанием их в «среднем образце» (в междурядье) не подверглось существенному изменению (табл. 4).

Таблица 4

Содержание бактерий и грибов в июне-июле месяцах

(бактерии в млн., грибы в тыс. на 1 г почвы)

Культура	Содержание опыта	Дата взятия образца	Общее количество		*Trichoderma lignorum*	*Trichoderma Koningi*	*Penicillium*	*Fusarium*	*Mucoraceae*
			бактерий	грибов					
Клевер посева 1938 г.	Контроль	20/VII	10.3	247	0	0	87	27	3
	Внесен гриб		10.4	163	0[2]	0	60	0	0
Сахарная свекла[3]	Контроль	5/VII	12.7	143	0	10	47	10	0
	Внесен гриб		6.0	83	23	0	13	0	0
Овес с подсевом клевера в 1939г.	Контроль	17/VII	15.5	480	7	0	157	17	3
	Внесен гриб[4]		6.6	220	3	0	127	10	3

Более существенные различия в состоянии микрофлоры, в частности бактерий, проявились в летний период в ризосфере. Соответствующие материалы будут приведены ниже. Сравнивая табл. 3 и 4, можно прийти к заключению, что в зимний период выступают существенные различия по фонам в количественном и качественном составе микрофлоры, особенно грибов. При этом заслуживает внимания тот факт, что больше всего их по фону, идущему после хорошо унавоженной и удобренной минеральными туками сахарной свеклы.

Исследования, проведенные на опытном поле ВНИС за ряд лет, определенно указывают, что состояние почвенных грибов существенно изме-

[1] Гриб *Trichoderma Koningi* найден в одном случае (контроль, зяблевая пахота) в количестве 7 тыс., а *Aspergillus niger* (по клеверу, где внесен гриб) в количестве 2 тыс.; питательной средой для бактерий служил агар альбуминатный, а для грибов — пептонный. В группу «прочие» входят грибы, которые встречаются в данной почве в небольшом количестве, или еще недостаточно изученные.

[2] В ризосфере обнаружено 3 тысячи *Trichoderma lignorum*.

[3] «Микроделянки» с разными дозами гриба, в данном случае внесено 60 г препарата гриба на 1 м².

[4] *Aspergillus niger* обнаружен в одном случае в количестве 3 тысяч.

няется в течение года, не только в количественном, но и в качественном отношении, а также в зависимости от степени насыщенности почвы грибом *Trichoderma lignorum*, органическими и минеральными удобрениями и от характера растительного покрова.

В феврале 1938 г. не отмечается существенных изменений и в состоянии окислительно-восстановительного потенциала в почве; в этом мы находим пояснение отсутствию различий в состоянии прочности структуры, так как там, где нет биологических процессов в почве, нет и возможности воссоздать и удержать ее прочность на определенном уровне.

С наступлением весны, потеплением почвы и активизацией биологических процессов постепенно нарастают условия структурообразования; однако вначале они проходят очень медленно. Подтверждается высказанное следующими наблюдениями: ранней весной 1938 г. нами были взяты почвенные образцы между растениями клевера и в его ризосфере, а затем был произведен аггрегатный анализ. Количество прочных аггрегатов в это время в ризосфере (10.2%) и между растениями (7.5%) было близким.

С усилением процессов созревания почвы и роста корневых систем условия структурообразования существенно изменяются и проходят более интенсивно в ризосфере и в очагах сосредоточения органических остатков: навоза, компостов, сидератов, полуразложившихся корней и др. С этого времени «центры» структурообразования совпадают с «зонами» жизнедеятельности микроорганизмов и сферами непосредственного соприкосновения корней с почвой. Вне этих «зон» изменение прочности структуры если и происходит, то крайне медленно, и, главное, под влиянием иных процессов: высыхания («спекания») или «гидратации» (распад в условиях избыточного содержания влаги). Как тот, так и другой процесс, сами по себе не способствуют созданию прочной структуры, например в условиях слабо окультуренной, бедной органическими веществами почвы; спекание вызывает образование глыбистых, трудно размываемых водой структурных отдельностей, а процесс гидратации способствует распаду почвенных комков, в результате чего они теряют свою форму, «расплываются».

Процесс спекания проявляется в условиях резкого нарастания температур в летние дни (если оно сопровождается падением влажности почвы), а процесс гидратации — поздней осенью и зимой, в момент оттаивания почвы.

Но так как в почве трудно найти участки, где бы не было органических остатков или живых корней, то в зависимости от их количественного и качественного состояния по-разному будет проходить и нарастание структуры почвы в период жизнедеятельности микроорганизмов и роста растений.

В последующем изложении вопросов структурообразования мы будем рассматривать их в связи с характером ризосферы следующих культур: озимой пшеницы, овса, клевера и клевера с многолетними злаковыми травами второго года жизни (макроделянки), кукурузы, ячменя, клевера и люцерны первого года жизни, проса и сахарной свеклы (микроделянки); в последнем случае в качестве контроля применяется наблюдение в пару.

Отбор образцов произведен вблизи корней (ризосфера) и между рядками, а по травам — в местах наибольшего удаления от окружающих растений. В какой мере происходило изменение структуры почвы под разными культурами — показано в табл. 5 и 6.

Данные по состоянию влажности и прочности структуры, приведенные в табл. 5, относятся к севооборотным участкам (макроделянки) и представляют интерес как в части структурообразования в ризосфере, так и по культурам. Наиболее водоустойчивой структурой обладали почвы под многолетними бобовыми и злаковыми травами, затем под одним клевером, овсом и озимой пшеницей. При этом заслуживает внимания тот факт, что в ризосфере озимой пшеницы и особенно овса (что было обнаружено и

Таблица 5

Изменение прочности структуры под покровом озимой пшеницы, овса, клевера и многолетних злаковых трав

(в %)

Культура	Дата взятия образца	Место взятия образца	Влажность в %		Сумма агрегатов > 0.25 мм	
			контроль	внесен гриб	контроль	внесен гриб
Озимая пшеница	13 VII	Междурядье	5.1	5.2	13.8	15.0
		Ризосфера	8.1	8.1	25.6	24.7
Овес	19/VII	Междурядье	3.2	3.2	16.3	19.0
		Ризосфера	2.1	2.5	28.9	32.4
Клевер 2-го года жизни	13 VI	Между растениями	5.4	5.4	17.8	19.0
		Ризосфера	5.8	4.8	20.5	23.9
Клевер + многолетние злаковые травы 2-го года жизни	13/VI	Между растениями	3.5	4.5	20.9	26.2
		Ризосфера	4.4	4.5	26.7	27.4

в опытах 1938 г.) прочность структуры не только не ниже, но даже выше в сравнении с ризосферой клевера. Объяснить это различие состоянием влажности почвы не представляется возможным, так как с уменьшением содержания воды в почвенных комках их водоустойчивость в наших условиях обычно возрастала за счет образования ложных аггрегатов (спекания почвы).

На микроделянках изменение структуры под влиянием культурных растений изучалось по фону (клеверица двухлетнего пользования), представленному в табл. 5. В какой мере отразилось их влияние на процессе структурообразования — видно из данных табл. 6.

Таблица 6

Изменение прочности структуры под покровом культурных растений

(в %)

Культура	Дата взятия образца	Место взятия образца	Влажность в %		Сумма аггрегатов > 0.25 мм	
			контроль	внесен гриб	контроль	внесен гриб
Пар	8/VII	0—20 см	14.1	13.8	16.2	21.2
		30—40 см	14.8	14.5	21.5	26.0
Кукуруза	19/VIII	Междурядье	3.8	3.1	20.9	26.4
		Ризосфера	2.9	3.3	25.6	33.6
		30—40 см	5.0	4.6	22.4	25.6
Просо	9 IX	Междурядье	4.6	3.5	22.3	24.4
		Ризосфера	4.7	4.4	26.5	30.1
Ячмень	8/VII	Междурядье	2.5	2.8	21.3	23.6
		Ризосфера	1.7	1.6	34.9	35.0
		20—40 см	3.8	3.4	27.3	30.8
Клевер	19 VIII	Междурядье	2.7	2.8	23.5	29.9
		Ризосфера	2.2	2.3	33.9	37.0
		20—40 см	6.5	3.5	25.4	30.0

В приведенном материале очевидным является: 1) явное нарастание водоустойчивых аггрегатов в ризосфере как по контролю, так и по участку с заражением грибом *Trichoderma lignorum*; 2) от заражения грибом прирост

прочных аггрегатов заметнее всего в ризосфере таких культур, как кукуруза, клевер первого года жизни, ячмень и в меньшей степени по просу; 3) заметно выражено нарастание прочности структуры в паровом участке под влиянием гриба. Следует отметить, что нарастание прочных аггрегатов в ризосфере клевера первого и второго года жизни проходит неодинаково: более оно выражено в первый год его жизни, особенно по участку с заражением грибом.

Такого рода отклонения в состоянии структуры мы объясняем разными условиями прохождения биологических процессов, создаваемых, главным образом, в результате обработки, а именно: ранней весной участок, занятый клевером второго года жизни, был вспахан в момент спелости почвы, т. е. когда создаются наиболее благоприятные условия для образования комков, которые затем, в условиях интенсивного действия микроорганизмов, быстро приобрели прочность. Однако, как показывает пример с паром, вспашка ранней весной, в момент спелости почвы, способствовала усилению процессов структурообразования только в условиях последующего развития растений, т. е. наличия зон и усиленной жизнедеятельности микроорганизмов. Заменить это, в известной мере, могут: искусственное заражение почв микроорганизмами, в частности грибом *Trichoderma lignorum*, и наличие органических остатков — навоза, компостов и др.

Сравнение данных по водопрочности почвы участков, занятых многолетними бобовыми и злаковыми травами, ячменем и паром, не обнаруживает в условиях конкретного опыта существенных различий, что можно объяснить следующим:

1) Участок под травами был сильно уплотнен; поэтому биологические процессы протекали в почве менее интенсивно в сравнении с участками, занятыми ячменем и паром, почва которых весной была подвергнута «искусственному» структурообразованию вспашкой в момент крошения; очевидно, важное значение в структурообразовании сыграли и различия в микробиологическом составе; 2) внесение гриба *Trichoderma lignorum* вызвало заметное нарастание прочности структуры в пару; по ячменю процесс структурообразования протекал менее четко, однако, и здесь имеется небольшое нарастание прочных комков.

Эти наблюдения, а также ряд других, особенно полученных в условиях стационарных опытных полей ВНИС, дают основание отметить, что для более полного освещения вопросов структурообразования под покровом культурных растений и выявления различий, которые наступают в результате их воздействия, особенно под влиянием многолетних трав, нельзя ограничиться определением водопрочности комков, а необходимо изучать их порозность и другие качественные различия. Имеется ряд случаев, когда водопрочность структуры после многолетних трав, озимой пшеницы, сахарной свеклы и других культур очень близкая (особенно на сильно окультуренных почвах), а плодородие их разное, главным образом, вследствие разной способности сохранять и отдавать влагу и регулировать водновоздушный и питательный режим, в силу качественных различий структуры.

Следующий вопрос, который нас интересовал, это — насколько прочно закрепление водопрочности структуры в ризосфере. Ответ на поставленный вопрос мы можем получить из данных большого количества анализов одной и той же почвы (одного образца), проделанных спустя 5—6 месяцев после первого определения водопрочности, подтверждающих каждый раз более высокую устойчивость комков из ризосферы. Подтверждается это также данными динамики структуры в ризосфере и в междурядье, что было изучено в условиях 1938 г. по сахарной свекле, а в 1939 г. — по кукурузе. Результаты аггрегатного анализа почвы, взятой 8 июля и 9 сентября на кукурузе, приведены в табл. 7.

Таким образом, в ризосфере кукурузы почвенные комки приобрели более высокую прочность в сравнении с междурядьем.

Детальному изучению подвергли в 1939 г. изменение структуры по сахарной свекле, особенно в ризосфере, в связи с разной насыщенностью почвы грибом *Trichoderma lignorum* (табл. 8).

Опыт с разной насыщенностью почвы грибом *Trichoderma lignorum* дает полное право говорить об улучшении прочности структуры, вызванном усилением роли гриба; однако степень выраженности этого процесса

Таблица 7

Динамика прочности структуры в ризосфере кукурузы и в междурядье (сумма аггрегатов > 0.25 мм, в %)

Место взятия образца	8 VII		9 IX	
	контроль	внесен гриб	контроль	внесен гриб
Междурядье	20.9	26.4	27.4	31.3
Ризосфера	25.6	33.6	29.5	34.0

Таблица 8

Изменения прочности структуры в связи с разной насыщенностью почвы грибом Trichoderma lignorum (в %)

Содержание опыта	Влажность в %		Сумма аггрегатов > 0.25 мм	
	междурядье	ризосфера	междурядье	ризосфера
Контроль	5.9	8.3	20.0	21.8
Внесено препарата гриба:				
10 г	7.1	9.5	23.2	27.3
60 г	6.9	7.5	26.0	27.6
120 г	8.0	5.1	26.8	30.5
360 г	8.9	11.1	30.6	32.4

разная и не всегда соответствует количеству внесенного гриба. В данном случае имеет, очевидно, значение состояние влажности (например, резкое снижение для варианта 120 г, в ризосфере), а также известного рода затруднения при взятии образцов в поле, ибо в условиях вегетационного опыта, проведенного в 1938 г. с культурой овса, при разной насыщенности почвы грибом результаты были более четкие (Канивец, 1940).

Представляет интерес и другая сторона вопроса: в какой мере изменяется структура при разной глубине заделки гриба (табл. 9).

Результаты этого опыта показывают, что поверхностное внесение гриба («обработка семян») в данном случае не произвело существенного изменения в состоянии прочности структуры; зато внесение гриба на глубину 8—10 см уже более отразилось на нарастании водоустойчивости почвенных комков. Равное действие произвело и внесение 2.5 кг навоза на 1 м^2. Очевидно, еще более сильного действия гриба можно ожидать на глубине 10—20 см. Этим, очевидно, объясняется в ряде случаев сильное проявление его в ризосфере и в подпахотном горизонте.

Мы имели уже возможность отметить, что вспашка клеверища, произведенная 20 апреля 1939 г., повлекла за собою существенные изменения в состоянии структуры, в результате чего прочность комков под покровом ячменя, кукурузы и клевера 1-го года жизни была выше.

Что это не случайное явление, подтверждают вышеприведенные данные по сахарной свекле, которая шла по многолетним бобовым и злаковым травам. На 15 октября 1939 г., т. е. на день уборки сахарной свеклы, на этом участке прочных аггрегатов по контролю было 20%, а по грибу — от 23 до 30%. Аналогичные результаты мы получили в 1939 г. и в условиях третьего опыта, где первую вспашку дернины клевера произвели 26 апреля. Состояние структуры почвы в день вспашки дернины показано в табл. 10.

Таблица 9

Изменение прочности и структуры при разной глубине заделки гриба

(в %)

Содержание опыта	Влажность в %		Сумма аггрегатов > 0.25 мм	
	междурядья	ризосферы	междурядья	ризосферы
Контроль	5.9	8.3	20.0	21.8
Гриб с поверхности	7.1	8.2	20.0	22.3
5 г гриба на глубину 8—10 см	7.4	11.6	21.2	27.9
30 г » » » 8—10 см	7.3	9.6	23.3	27.8
2.5 кг навоза	7.6	9.0	23.2	27.8

Таблица 10

Состояние структуры по клеверу на 26 IV

(в %)

Содержание опыта	Горизонты	Структуры отдельностей			Сумма прочных аггрегатов > 0.25 мм
		> 10 мм	от 10 до 1 мм	< 1 мм	
Контроль	0—10	10.8	82.4	6.8	18.6
	10—20	12.5	76.9	10.6	18.1
	30—40	17.8	70.8	11.4	38.1
Внесен гриб	0—10	10.8	80.5	8.7	24.1
	10—20	9.5	76.2	14.3	22.4
	30—40	9.5	80.2	10.3	39.1

Спустя $1^1/_2$ месяца был вспахан и второй участок клевера. Данные о водопрочности структуры и состоянии питательного режима за 2 дня до вспашки приведены в табл. 11.

Различия в состоянии влажности и структуры почвы, а в связи с этим и в содержании подвижных азота, фосфора и калия выступают очень четко и не вызывают никакого сомнения при разном течении биохимических процессов; при этом в первом и во втором случае, в сравнении с весенним периодом, водоустойчивость структуры, по существу, снизилась (особенно хорошо это заметно по подпахотному горизонту). Высокой прочностью структуры выделился в это время участок с внесением гриба.

Спустя месяц (8 июля) вспахали третий участок; гриб *Trichoderma lignorum* вносили каждый раз на половину площади (перед вспашкой). Затем все поле подготовили к посеву озимой пшеницы. Для этого 1 августа внесли навоз в количестве 30 т/га и все поле перепахали на 16 см. Первую вспашку производили на 20 см. Посев пшеницы произведен 3 сентября.

Таблица 11

Структура почвы и подвижность N, P *и* K *на 13/VI 1939 г.*
(N, P_2O_5 и K_2O в мг на 100 г почвы)

Содержание опыта	Влажность в %		Сумма аггрегатов > 0.25 мм, в %		$N—NH_3$		$N—NO_3$		P_2O_5		K_2O	
	0—20 см	20—40 см	0—20 см	20—40 см	0—20 см	20—40 см	0—20 см	20—40 см	0—20 см	20—40 см	0—20 см	20—40 см
Участок вспахан 26/IV . .	13.8	15.6	13.6	13.2	2.1	0.9	1.9	0.9	40.5	30.0	8.3	12.5
Клевер-контроль	6.6	8.6	18.0	15.8	2.4	0.9	Сл.	Сл.	30.9	30.6	7.5	6.3
Клевер, внесен гриб в 1938 г.	5.0	7.3	19.5	22.2	2.4	1.4	Сл.	Сл.	—	—	6.3	11.3

Таблица 12

Структура почвы и подвижность N *на 3/IX 1939 г.*
(N в мг на 100 г почвы)

Вспашка	Содержание опыта	Влажность в %			Сумма аггрегатов > 0.25 мм в %			$N—NH_3$			$N—NO_3$		
		0—10 см	10—20 см	20—40 см	0—10 см	10—20 см	20—40 см	0—10 см	10—20 см	20—40 см	0—10 см	10—20 см	20—40 см
20/IV	Контроль . .	12.7	12.3	12.6	22.2	22.8	20.3	2.9	2.7	1.7	2.3	1.8	1.1
	Внесен гриб	—	—	—	26.4	28.8	23.2	3.6	3.4	2.0	2.4	2.1	1.9
15/VI	Контроль . .	12.8	10.0	10.4	24.9	21.3	20.5	3.1	2.9	1.7	2.4	2.5	1.7
	Внесен гриб	—	—	—	27.1	27.0	27.7	2.9	2.6	1.6	2.5	2.3	1.7
8/VII	Контроль . .	12.8	10.2	9.1	24.7	23.1	22.8	3.4	2.7	1.7	1.9	2.1	1.1
	Внесен гриб	—	—	—	27.5	—	—	3.2	2.6	1.6	2.4	2.0	1.1

Перед самым посевом на всех трех участках отобрали почву и ее проанализировали (табл. 12).

Выводы из данных табл. 12 следующие: а) прочность структуры почвы по всем вариантам к моменту сева озимой пшеницы была очень близкой; если же и имеются различия, то они выступают, главным образом, в связи с заражением грибом *Trichoderma lignorum*; таким образом, вспашка дернины в весенне-летний период в данном опыте существенно не повлияла на структурообразование; б) заражение почвы грибом 25 апреля вызвало более усиленное накопление аммиачного и нитратного азота на всю глубину исследуемого слоя (40 см), внесение гриба летом не повлияло заметно на накопление азота.

Следует указать, что состояние влажности к моменту посева на глубине 0—10 см по всем вариантам было близким, так как выпавшие к концу лета дожди ее выравняли. Более существенные различия выступили на глубине 10—20 см и особенно 20—40 см, где менее обеспеченными влагой оказались участки, вспаханные 15 июня и 8 июля. Очевидно, и приведенные выше материалы о прочности структуры под покровом ряда культурных растений дают возможность убедиться, насколько многообразно проявление процесса структурообразования в почве, причем под разными культурами он проходит неодинаково, особенно выделяясь в сфере корневых систем с их выделениями и окружающим микро- и макронаселением.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ И МИКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Эти исследования были проведены для выяснения вопроса — в какой мере изменения в состоянии структуры почвы в ризосфере можно объяснить не только воздействием корневых систем, но и работой микроорганизмов. С этой целью ранее приведенные данные о прочности структуры по фону с заражением грибом *Trichoderma lignorum* и по контролю были дополнены анализом количества бактерий и грибов в почве, причем последние были изучены до вида или рода.

Проведенные исследования еще не дают возможности полностью осветить затронутый вопрос, однако и полученные данные помогают глубже вскрыть причины изменения структуры в ризосфере культурных растений.

Так, исследованиями 1937, 1938 и 1939 гг. было установлено, что на участках, зараженных грибом *Trichoderma lignorum*, во многих случаях снижается количество бактерий и грибов (не считая повышения за счет внесенного гриба). Подтверждается это и опытами микробиолога ВНИС П. Ф. Обломской, которой, кроме того, установлено, что под влиянием гриба *Trichoderma lignorum* заметно снижается адсорбция бактерий и, таким образом, усиливается активность последних (Обломская, 1940).

О том, что гриб *Trichoderma lignorum* хорошо размножается в почве и быстро начинает преобладать над другими грибами, любезно нам сообщил А. Р. Вернер, производивший опыты с нашим штаммом гриба в Саратовском университете.

Следует также учесть, что судить о действии грибов или бактерий только по количественному проявлению неправильно, так как в данном случае играет особенно важную роль качественная сторона реакции; имеет также большое значение и та масса тела гриба, которую он образует в почве. Последний вопрос заслуживает специального исследования и в настоящее время прорабатывается в лаборатории.

В свете сказанного становится понятным и нарастание прочности структуры в ризосфере ячменя, клевера и других культур на участках с заражением грибом *Trichoderma lignorum* (табл. 5, 6 и др.).

Учитывая, что в приведенных данных не охвачено все многообразие микроорганизмов ни в количественном, ни в качественном отношении, а скорее дано представление о сочетании главнейших групп бактерий, грибов и актиномицетов (данные о последних опущены в виду спорадичности их нахождения в условиях наших опытов), мы, очевидно, не имеем права приписывать только им значение в изменении структуры почвы; однако не считаться с их проявлением также нет оснований.

При внимательном, критическом изучении полученных данных можно найти и ряд различий в составе микронаселения почвы, которые появляются, как уже выше было отмечено, не случайно, а в определенной взаимосвязи с тем или иным агротехническим приемом или воздействием (см. табл. 3 и 4).

В какой мере микробиологический анализ вскрывает особенности ризосферы и в связи с этим способствует правильному пониманию роли микроорганизмов в структурообразовании, показывают данные по озимой пшенице и овсу (табл. 13).

Данные табл. 13 в сравнении с ранее приведенными результатами позволяют ближе подойти к установлению общей зависимости между развитием микроорганизмов и структурообразованием, а именно; чем ближе к корню, тем больше бактерий и грибов; это, очевидно, связано с наличием в «зоне» корня легко используемых грибом питательных веществ, выделяемых корневыми системами, а также появляющихся в результате разложения растительных остатков и жизнедеятельности отдельных групп микроорганизмов.

Поселившись на подобного рода субстратах, бактерии и грибы быстро размножаются, образуя большое количество живого белка, способствующего образованию прочной структуры вблизи корня растения. При этом на поверхности самого корня, очевидно, господствуют аэробные процессы, а в прилегающих комках — анаэробные.

Очевидно с наступлением засушливого периода и снижением влаги в почве их развитие было сильно ослаблено. В это же время, в связи со спеканием почвы, можно ожидать поглощения грибов, особенно их спор.

В июле месяце довольно заметные изменения наступили по озимой пшенице и в отношении других грибов: меньше стало *Penicillium*, *Fusarium* и не обнаружено *Trichoderma Koningi* и *Aspergillus*. Тот факт, что нарастание водоустойчивости почвенных комков было связано с проявлением биологических процессов, в частности, проходило под влиянием воздействия гриба *Trichoderma lignorum*, подтверждается и данными микробиологического анализа почвы, взятой в ризосфере клевера (табл. 14).

В ризосфере клевера, как показывают данные анализа, из грибов были: *Penicillium*, *Fusarium*, *Trichoderma* и *Aspergillus*. Еще более четкая зависимость между качественным составом микрофлоры и, особенно, микофлоры и структурообразованием обнаружена в опыте с сахарной свеклой. В этом опыте довольно четко выделялись более прочной структурой делянки с внесением гриба (табл. 9).

В исследованных образцах, взятых 20 октября, не оказалось грибов *Trichoderma Koningi* и *Mucoraceae*. В остальном наблюдения по сахарной свекле подтверждают, что осенью наиболее распространенной группой грибов были *Penicillium*, *Trichoderma lignorum* и *Fusarium*. Весной и в меньшей мере летом по этим же вариантам в большем количестве обнаружены: *Penicillium*, *Fusarium*, *Mucoraceae*.

Динамика микроорганизмов, как известно, в сильной степени зависит от внешней среды и взаимодействия микронаселений, что имеет значение и для процесса структурообразования. Например, по сахарной свекле 10 апреля количество гриба *Trichoderma lignorum* достигало 30—47 тысяч,

Таблица 13

Количество бактерий и грибов в ризосфере озимой пшеницы и овса
(бактерии в млн., грибы в тыс.)

Дата взятия образцов	Культура	Место взятия образцов	Общее количество				*Trichoderma lignorum*		*Aspergillus*		*Penicillium*		*Fusarium*		*Mucoraceae*		Прочие грибы	
			бактерий		грибов													
			контроль	внесен гриб	контроль	внесен гриб	контроль	внесен гриб	контроль	внесен гриб	контроль	внесен гриб	контроль	внесен гриб	контроль	внесен гриб	контроль	внесен гриб
17/VII	Овес	Междурядье	15 500	6 600	480	220	7	3	0	3	157	127	17	10	3	3	60	30
		Ризосфера	16 900	10 800	263	350	0	3	3	0	87	140	30	7	7	0	43	50
11/VII	Озимая пшеница	Междурядье	12 900	8 300	160	160	0	—	23	—	40	—	3	—	0	—	87	—
		Ризосфера	39 000	20 100	330	80	0	0	13	0	53	33	7	0	0	10	50	0
		Корни	139 000	129 000	520	430	0	3	17	3	13	23	27	27	27	7	107	3

Таблица 14

Изменения состава грибов за время 23/VI—17/VII по овсу с подсевом клевера
(бактерии в млн., грибы в тыс.)

Дата взятия образца	Место взятия образца	Общее количество				*Trichoderma lignorum*		*Aspergillus*		*Penicillium*		*Fusarium*		Прочие грибы	
		бактерий		грибов											
		контроль	внесен гриб	контроль	внесен гриб	контроль	внесен гриб	контроль	внесен гриб	контроль	внесен гриб	контроль	внесен гриб	контроль	внесен гриб
17/VII	Междурядье[1]	15 500	6 600	480	220	0	3	0	3	157	127	17	10	60	30
	Ризосфера	15 800	10 300	260	367	0	7	0	0	103	197	30	7	17	170

[1] *Trichoderma Koningi* 10 тыс.

5 августа 20—50 тысяч, а 20 октября от 3 до 7 тысяч на 1 г почвы (участки с искусственным заражением грибом).

Общее количество бактерий по этим вариантам достигало 16 апреля 9—10 миллионов, 5 июля 2—6 миллионов и 20 октября от 3 до 13 миллионов в 1 г почвы; общий счет грибов 16 апреля был равен 90—157 тысяч, 5 августа 80—170 тысяч, а 20 октября 20—183 тысячи в 1 г почвы.

Однако нарастание прочности структуры как бы запаздывало, ибо наиболее прочную структуру по свекле обычно находим только к концу вегетационного периода. Скорость этого процесса безусловно зависит от характера взаимодействия микроорганизмов, продуктов автолиза бактерий и грибов и вступления совместно с выделениями корней в реакции с почвой. Для проявления их действия на почвенный комок и закрепления, очевидно, потребуется известное время, которое измеряется не днями, а значительно более длительным периодом, порядка месяца и больше.

В течение этого времени почвенные комки пропитываются новым цементом, который постепенно покрывает их тончайшей пленкой и склеивает. Биологический «клей» имеет очень важное свойство легко вступать во взаимодействие с новыми продуктами синтеза, и одновременно он очень устойчив, так как для его разрушения необходима смена микронаселения; последнее обстоятельство, как известно, широко использовали в своих исследованиях В. Р. Вильямс и С. Н. Виноградский.

Изучение процессов закрепления почвенной структуры представляет большой теоретический и производственный интерес, так как его результаты дадут возможность правильнее решить вопросы, связанные с наилучшим моментом вспашки дернины, проведением предпосевной обработки (особенно ее глубины) и ряд других вопросов обработки и ухода за почвой.

Особенно заманчивым в ускорении образования прочной структуры является усиление ферментативных процессов в почве, чего, как показали наши исследования, можно достичь, применяя в качестве удобрения почвенные грибы, в частности *Trichoderma lignorum*.

Очевидно, не меньшая роль в этом принадлежит почвенным бактериям и актиномицетам.

Дальнейшее, более углубленное изучение этой проблемы, сулит большие перспективы, так как в результате такого мероприятия не только улучшается структура почвы, но одновременно увеличивается количество подвижного азота, фосфора и калия в почве и нарастает урожайность многих сельскохозяйственных культур.

5. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕЙСТВИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ВСПАШКИ НА СОСТОЯНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЧВЫ

На основе полученных материалов мы считаем возможным заострить внимание на следующем.

1. Исследования микробиологов и почвоведов в области ризосфер культурных растений и установление факта неравномерного распределения микроорганизмов в почве (а именно: нахождение их в большом количестве вблизи корней и в очагах нахождения органических остатков) до самого последнего времени не повлияли существенно на познание условий и причин структурообразования.

Не были учтены в достаточной мере и результаты исследований Виноградского о значении бактерий аэробного типа (*Cytophaga* и др.), которые в результате своей жизнедеятельности выделяют вещества, обладающие свойствами «клеить» почвенные комочки в более прочные аггрегаты. Остались также неиспользованными и результаты наших исследований о роли почвенных грибов, в частности *Trichoderma lignorum* и *Aspergillus niger* в структурообразовании.

2. Образование прочных комков в почве происходит как во время жизни растений, так и после отмирания его корневой системы. При этом под растительным покровом нарастание прочной структуры происходит не в силу только процессов давления (в результате периодического подсыхания и увлажнения, а также действия корней), но и в связи с деятельностью микроорганизмов в «зонах» сосредоточения биологической жизни и корневых выделений, а по мере старения растения или после вспашки дернины — и за счет продуктов анаэробного и частично аэробного разложения (при участии бактерий, грибов и актиномицетов). Можно предполагать, что главная роль в процессе новообразования прочных аггрегатов принадлежит микроорганизмам, а закрепление их происходит в результате процесса свертывания, который особенно резко проявляется, когда почва теряет воду. Наоборот, появление в почве излишней воды, выше 70—80% от полной влагоемкости, тормозит структурообразование, способствует распаду почвенных комочков и усилению дисперсности почвы. Наивысшего своего проявления этот процесс достигает в момент размерзания — оттаивания почвы. Процесс свертывания больше всего проявляется летом, и если почва слабо окультуренная содержит мало активно действующего органического вещества (например, оподзоленные, солонцевато-осолоделые), то пахотный горизонт быстро теряет остатки влаги и приобретает все признаки «плиты». Основное средство борьбы с этим злом — это повышение активно действующего перегноя почвы и улучшение структуры почвы, что достигается культурой многолетних злаковых и бобовых трав, внесением навоза, компостов, сидератов и обогащением почвы полезно действующей на структурообразование микрофлорой.

Культурные растения обладают способностью (разной степени проявления) положительного структурообразования, т. е. под их покровом в сфере наибольшего развития корневых систем образуются прочные аггрегаты, а так как наиболее выраженной корневой системой обладают многолетние злаковые и бобовые травы, то под их покровом, как известно, образуется в наибольшем количестве и наиболее прочная структура почв.

В первый год жизни многолетних злаковых и бобовых трав их воздействие на почву ограничено и мало чем отличается от структурообразующей способности однолетних культурных растений (табл. 5, 6 и др.). Это нашло свое подтверждение не только в результатах наших исследований за 1937—1939 гг., но и в работе Metzger, в вегетационных опытах которого травы первого года жизни не оказали заметного действия на аггрегацию почвы; близкие к этим результаты он получил и в полевом опыте (Metzger, 1938). Из данных, приведенных в табл. 5 и 6, вытекает, что действие клевера первого года жизни на структурообразование заметно в ризосфере, но, в виду слабого еще развития корневых систем, количественно оно проявляется слабо.

Наиболее высокой структурообразующей способностью многолетние бобовые травы обладают во втором году своей жизни (первый год использования), а в последующие годы они только закрепляют достигнутое.

Под покровом многолетних злаковых трав процесс нарастания структуры более длителен. Эти наблюдения В. Р. Вильямс положил в основу своего учения о роли многолетних злаковых и бобовых трав в коренном улучшении структуры почв.

Огромное влияние на структурообразующую способность бобовых и злаковых трав оказывает сложение почвы, ее плотность, так как чрезмерное уплотнение пахотного горизонта тормозит биологические процессы и одновременно усиливает в летний период процессы спекания, в результате чего следует ожидать ослабления процессов структурообразования и торможения в развитии трав.

Это обычно в практике травосеяния не учитывается, хотя нередки случаи, когда чрезмерное оседание и заплывание почвы (особенно оподзоленной или солонцевато-осолоделой) отражается и на травостое, и на структурообразовании, а в результате — большая потеря влаги, низкая прочность структуры и выпадение трав.

По мере нарастания окультуренности почв, т. е. ее структурности, это очень неприятное для сельского хозяйства явление будет преодолено.

5. На основании ряда литературных данных (Вильямс 1919, Рэссель 1937, Metzger 1938) и наших исследований, следует также уточнить вопрос о роли пара в улучшении физических свойств почв. Ясность в данный вопрос можно внести на основе следующих наблюдений и соображений:

а) парование поля в течение ряда лет (2 года и больше) безусловно вызывает, в результате интенсивного разложения органического вещества почвы, постепенное снижение прочности аггрегатов;

б) заправка почвы навозом, компостом и сидератами в условиях длительного парования может ослаблять, но не снимать ухудшение физических свойств почв;

в) введение в севооборот многолетних бобовых и злаковых трав с мощной корневой системой обогащает почву новым видом органического вещества. В этих условиях культурный пар уже не явится фактором разрушения структуры почвы, а, наоборот, будет способствовать нарастанию прочной структуры. Если же уход за паром будет недостаточен и почва теряет влагу ниже 50—60% от полной влагоемкости (ниже момента крошения), то пар превращается, действительно, в средство ухудшения физических свойств и расхищения ранее закрепленной структуры почвы и в целом ее плодородия.

6. В свете новых данных о структурообразовании и роли в этом микроорганизмов (анаэробных и аэробных бактерий, грибов и актиномицетов) должен в известной мере претерпеть уточнение и ряд положений по вопросам обработки дернины. В ранее опубликованных работах (1937) мы уже отмечали, что в районах свеклосеяния процессы распада и минерализации корневых остатков проходят длительный период. Поэтому в условиях правильного севооборота и систематического внесения навоза и других органических остатков время наилучшей вспашки дернины многолетних трав целесообразно определять по состоянию влаги в почве и ее способности крошиться (физической спелости).

В качестве подтверждения этого положения можно сослаться на ранее изложенные результаты опытов со вспашкой ранней весной поля из-под клевера и посевом по нему ячменя, кукурузы и проса; количество прочных аггрегатов по этим культурам было даже несколько выше, чем по клеверу. Однако такое закрепление положительных свойств почвы, приобретенное в одном случае после клевера, а в другом — после многолетних злаковых трав, возможно было только благодаря проведению обработки в момент спелости и наличия в почве органических остатков навоза и корней трав, которые под воздействием микроорганизмов были переведены в активно действующее органическое вещество.

При вспашке дернины в момент крошения менее проявляются процессы аэробиозиса, в виду сочетания его с анаэробным в центре комка.

7. На основании изучения динамики прочности структуры почв в течение всего года мы приходим к выводу, что наименее прочная структура почвы отмечается зимой; поэтому вспашку поля, предназначенного под яровые культуры, необходимо проводить также в момент крошения почвы (состояние физической спелости) для поддержания биологических процессов и создания предпосылки к закреплению структуры почвы.

В виду актуальности поставленного вопроса и ограниченного количества экспериментов в этом направлении, это положение нуждается еще

в дальнейшей проверке и изучении. Проведение зяблевой пахоты в момент крошения почвы явится основой создания такого строения почвы, при котором проявится наиболее высокая способность удерживать и накоплять воду в течение осенне-зимнего периода, а весной будут быстро развиваться биологические процессы и интенсивно протекать процессы структурообразования.

В работе, кроме автора, приняли участие сотрудники лаборатории агропочвоведения ВНИС А. В. Омельчук, Е. В. Власова, Е. Г. Харитон и И. А. Геллер, которым выражаю глубокую благодарность.

ЛИТЕРАТУРА

Авдонин Н. С. Богатство черноземных почв и их плодородие. стр. 100, 101, 1935.

Алешина В. И. Влияние разрушения органического вещества бактерий на водоустойчивость глин. Архив биол. наук, т. XIII, вып. 2—3, 1936.

Вильямс В. Р. Общее земледелие, ч. I, 1919.

Вильямс В. Р. Почвоведение, стр. 64, 82, 83, 437, 1939.

Гедройц К. К. К вопросу о почвенной структуре и сельскохозяйственном ее значении. Изв. Гос. инст. оп. агрон., т. IV, № 3, 1926.

Гельцер Ф. Ю. Роль органического вещества в структурообразовании почв. Химизация соц. земледелия, № 8, 1937.

Гельцер Ф. Ю. Современное состояние вопроса о перегнойных веществах почвы. Советская агрономия, № 8, 1939.

Канивец И. И. Итоги работы лаборатории агропочвоведения ВНИС за 1935 г. и программа работ на последующие годы. Научные записки ВНИС, № 1, 1936.

Канивец И. И. и Корнеева Н. П. Особенности созревания пашни, в зависимости от экспозиции и сроков предпосевной обработки. Там же, № 3, 1936.

Канивец И. И. и Корнеева Н. П. О значении биохимических структурообразователей. Почвоведение, № 10, 1937.

Канивец И. И. Вопросы окультуривания почв в третьей пятилетке. Научные записки ВНИС, № 1—2, 1938.

Канивец И. И. и Прицкер Н. Я. О нарастании прочности структуры почв под влиянием корневой системы сахарной свеклы, навоза и др. структурообразователей. Почвоведение, № 8, 1938.

Канивец И. И. Роль гриба *Trichoderma lignorum* и корневых систем сахарной свеклы, озимой пшеницы, овса, люпина и клевера в создании почв с прочной структурой. Сборник работ ВНИС, 1939.

Канивец И. И. Травопольные севообороты и плодородие почв в районах свеклосеяния. Химизация соц. земледелия, № 12, 1937.

Канивец И. И. Биохимические способы создания прочной структуры почв и их роль в повышении урожайности культур свекловичного севооборота. Химизация соц. земледелия, № 6, 1938.

Канивец И. И. Значение искусственного заражения микроорганизмами почв в целях окультуривания. Микробиология, т. VII, вып. 3, 1938.

Канивец И. И., Харитон Е. Г., Тульчинская Э. М. Повышение урожайности сахарной свеклы овса и люпина при разной зараженности почвы грибом *Trichoderma lignorum*. Микробиология, № 2, 1940.

Костычев П. А. Почвы черноземной области России, их происхождение, состав и свойства, ч. I, стр. 63, 64, 72 и др., 1886.

Костычев П. А. Обработка и удобрение чернозема, 1892.

Красильников Н. А., Рыбалкина А. В. и др. К микробиологической характеристике почв Заволжья. Тр. Комиссии по ирригации, вып. 3, 1934.

Красильников Н. А., Крисс А. Е., Литвинова М. А. Микробиологическая характеристика ризосфер культурных растений. Микробиология, т. V, вып. I, 1936.

Обломская П. Ф. Сезонная динамика поглощения микроорганизмов почвами. Рукопись, 1940.

Райло А. И. Материалы по изучению почвенных грибов. Бюлл. Отдела земледелия ГИОА, № 6, 1928.

Рэссель Е. Д. 90 лет бессменной культуры пшеницы. Соц. реконстр. с. х., № 7, 1937.

Рубашев А. Б. К вопросу о биохимических особенностях красного клевера, 1939.

Фагелер П. Режим катионов и воды в минеральных почвах. Пер. с нем. Моро и др., стр. 277, 1938.

Demolon A. et Henin S. Recherches sur la structure des limons etc. Bodenkundliche Forschungen, Bd. III, № 1, 1932.
Gräf G. Ueber den Einfluss des Pflanzenwachstums auf die Bakterien im Wurzelbereich. Zentralbl. Bakt. Paras. u. Infekt., Bd. 82, № 1/7, 1930.
Falck R. Цитирую по С. А. Ваксман: Гумус. Происхождение, Химический состав и значение его в природе. 1938, стр. 128.
Metzger W. H., Hide J. C. Effect of Certain Crops and soil Treatments and Soil Aggregation and the Distribution of Organic carbon in relation to agregate size. Journ. Amer. Soc. of Agr., v. 30, № 10, 1938.
Niethammer A. Die mikroskopischen Bodenpilze, 1937.
Russel E. Y. Soil Conditions and Plant Growth, 1937.
Singh J. Soil fungi and actinomycetes in relation to manurial treatment, season and crop. Annal of applied biology, v. 24, № 1, 1937.
Shrikhande J. C. The production of Mucas during the decomposition of plant materials. II. The Effect of changes in the flora. Biochem. Journ., v. XXVII, № 5, 1933.
Starkey R. L. Some influences of the development of higher plants upon the microorganisms in the soil. Soil Sci., v. XXVII, № 5, 1933.
Starkey R. L. Microscopic Examination of the Rhizphere. Soil Sci., v. 45, № 3, 1938.
Waksman S. A. Soil Deterioration and Soil conservation from the Viewpoint of Soil Microbiology. Journ. Amer. Soc. of Agr., v. 29, № 2, pp. 120—121, 1937.
Waksman S. A. Humus, 1938.
Winogradsky S. Sur la degradation de la cellulose dans sol. Ann. Inst. Pasteur. T. XLIII, p. 549, 1929.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СБОРНИК ПАМЯТИ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

Н. И. САВВИНОВ и *Н. А. ПАНКОВА*
ПОЧВЕННО-АГРОНОМИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ ПКЗ СССР ИМ. АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

КОРНЕВАЯ СИСТЕМА РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЦЕЛИННЫХ УЧАСТКОВ СТЕПЕЙ ЗАВОЛЖЬЯ И НОВЫЙ МЕТОД ЕЕ ИЗУЧЕНИЯ

I. ЗАДАЧА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Сравнительно недавно выпущенный, сжатый, но интересный и довольно полный обзор литературы по изучению корневых систем растений И. Н. Бейдемана (1938) делает излишним здесь изложение и разбор существующих методов изучения корней и оценку их применимости для решения тех или иных вопросов. Автор обзора совершенно правильно отметил «неоформленность в направлении изучения корня, неясность методики и искания путей дальнейшей работы». И это совершенно понятно, потому что исследователи самых разнообразных специальностей, имеющие своим объектом изучения растение или почву и процессы регулирования ее плодородия, даже в разрезе своей более или менее узкой тематики часто бывают заинтересованы в познании корневых систем растений и их распределения в почве. Не находя необходимых ответов в литературе, все эти специалисты бывают вынуждены становиться «корневедами» (радикологами или ризологами), изучать корневую систему под требующимся для их работы углом зрения и разрабатывать соответствующую методику. Так, например, авторы настоящей статьи, изучающие вопросы биофизики почв и в частности биологические процессы, приводящие к образованию прочной структуры почвы, неизбежно столкнулись с вопросами распределения корневых систем природных и культурных растительных покровов по генетическим горизонтам различных почв.

Существующие методы изучения корней в почве не позволяли с достаточной полнотой вскрыть ряд явлений в этих процессах, и потому понадобилось искание новых путей в изучении сложной взаимосвязанной системы почва — корни — микроорганизмы почвы. Это искание привело одного из авторов настоящей статьи — Н. И. Саввинова — еще в 1937 г. к разработке нового метода изучения взаимосвязи корней с почвой. Этот метод, как показала дальнейшая совместная работа обоих авторов, позволяет более полно вскрыть специфические особенности корневых систем различных растительных группировок на разных типах почв и потому, как нам кажется, он может иметь применение в изучении многих других вопросов генетического и агрономического почвоведения, геоботаники, физиологии растений и ряда агрономических дисциплин.

Как известно, в настоящее время наибольшим распространением в изучении корневых систем растений непосредственно в полевых условиях пользуются два метода — Качинского и Weaver.

Метод Качинского (1925, 1930), где за основу был взят принцип Muntz и Girard (1888), сводится к изучению общей весовой массы абсолютно сухих корней, а также отдельных фракций их по толщине, по генетическим

горизонтам почвы. В различных видоизменениях этим методом пользовались Н. В. Орловский (1929), Б. А. Чижов (1931), А. С. Кружилин (1934), М. С. Шалыт и А. А. Калмыкова (1935), Л. И. и Л. Л. Голодковские (1937), А. П. Малянов (1937) и многие другие авторы, вскрывшие ряд взаимоотношений корней с генетическими горизонтами почв и закономерностей распределения корневых систем в разных типах почв. Этот метод ценен тем, что он дает возможность количественного выражения результатов исследования, что на современном этапе науки весьма необходимо и чего не дает метод Weawer (1919).

Метод этого последнего исследователя (1919), имеющий также предшественников в лице Headden (1896), H. M. Cottrel (1902), W. A. Cannon (1911) и др., дает возможность очень подробного качественного изучения морфологии корневой системы отдельных растений, но не дает количественной характеристики распределения этих корней в массе почвы. В принципе он сводится к выкопке близ изучаемого растения почвенной траншеи, постепенному обнажению из почвы в стенке этой траншеи более или менее всей его корневой системы (конечно, без корневых волосков) и зарисовке проекций этой системы на масштабно разграфленную на бумаге сетку. Этим методом проведены очень многие ценные работы, как это указано уже в отмеченной выше сводке И. Н. Бейдеман. Но в результате всех этих весьма кропотливых и трудоемких исследований получаются лишь картины общей морфологии корневой системы данного растения (качество и наглядность которых, кстати сказать, зависят от терпения и умения исследователя хорошо рисовать), которые невозможно выразить в каких-либо числовых величинах, что тем самым делает несравнимыми друг с другом различные изученные объекты.

Невозможность количественной характеристики корневой системы отдельных растений или целых растительных группировок, к изучению которых метод Weawer в настоящее время начинает применяться, вытекает из двух неустранимых причин: а) отсутствия способов вполне масштабного изображения в одной плоскости (плоскости бумаги) корней, располагающихся в почве пространственно, что не позволяет измерять их общую зарисованную длину, и б) неизбежных различий в объемах почвы, охватываемых корневой системой разных растений.

Между тем для целей биофизики и биохимии почв, а также ряда вопросов генетического почвоведения существенно необходимо знать густоту пронизанности каждой единицы объема отдельных генетических горизонтов почвы корнями растений с количественной и качественной стороны. Эта необходимость вытекает из того огромного значения не только отмерших, но и живых корней в жизни почвы, которое они приобретают в свете последних исследований, в области корневых выделений и ризосфер культурной и природной растительности. Эти исследования показывают, что все сложнейшие и непрерывно протекающие в почве биологические процессы, от темпа и направления которых, в конечном счете, зависят все физикохимические и агрономические свойства почвы, приурочены, прежде всего, к корневой системе растений, располагаясь микрозонально, очагово, вокруг поверхности каждого участка корня.

Многочисленные исследования советских и иностранных авторов [Hiltner (1904), Костычева с сотрудниками (1926), Wilson и Lion (1926), Starkey (1931), Сабинина и Мининой (1932), Thom и Humfeld (1932), Красильникова с сотрудниками (1936), Образцовой (1936), Исаковой (1937, 1938) и многих др.] показали, что в почве вокруг каждого отрезка корня еще при жизни растения образуются зоны (ризосферы), насыщенные в десятки раз большим количеством микроорганизмов (бактерий, грибов, актиномицетов, протозоа и, повидимому, низших водорослей), чем зоны, на несколько миллиметров или даже на долю миллиметра удаленные от корней. Корне-

вые системы уже при жизни всякого растения селектируют и активизируют вокруг себя эти многочисленные микроорганизмы, исчисляемые многими миллионами и даже миллиардами на 1 г почвы благодаря наличию корневых выделений органического и минерального характера [Maze (1911), Шулов (1913), Минина (1927), Красильников (1936), Ахромейко (1936) и др.], которые, на ряду с непрерывно отмирающими и нарастающими по мере роста корня корневыми волосками, создают вокруг корней благоприятную среду для развития этих микроорганизмов. Тем самым в общей форме можно принять, что чем выше густота пронизанности каждого объема почвы одного и того же типа корнями растений или, иначе говоря, чем больше общая длина корней растений в единице объема этой почвы, тем интенсивнее протекают в данной почве биологические процессы, управляющие жизнью почвы.

Биологические процессы в почве обусловливают превращение веществ не только органогенного ряда (т. е. соединения C, N, P, K, S и др.), как это было высказано еще акад. С. П. Костычевым (1926), но и являются процессами биогеохимическими и вызывают целый ряд превращений минеральных, алюмосиликатных, эндотермических соединений, с трудом разлагаемых даже химически.

Работами акад. В. И. Вернадского (1938) устанавливается, что минералы каолинового ряда (глины) образуются в почве и что «нет никаких данных, которые указывали бы на их образование вне почвы», причем «биогеохимически можно считать, что указанные новообразования — кристаллические каолиновые алюмокислоты (монтмориллонит, голуазит, каолинит, диккит и т. д.) являются результатами бактериальных и, может быть, грибных процессов, микробного населения почв»...

Все эти соображения указывали на необходимость разработки метода учета общей длины корней, их общей поверхности и объема в единице объема почвы (например, в 1 см³) на разных ее глубинах. Так же, как и для метода Н. А. Качинского (1925), в основу метода Н. И. Саввинова был взят принцип Muntz и Girard (1888), но только не распределения веса корней по слоям почвы, а распределения общей длины и поверхности корней по этим слоям, что указанные авторы применили в науке, повидимому, впервые. К сожалению, они не приводят самого способа, каким проводили измерения и исчисления длины и поверхности корней в объемах почвы. В своей классической книге «Les engrais», т. I (1888), они сообщают лишь, что общая корневая поверхность определялась по общей длине корней и по их среднему диаметру (радиусу). Поэтому разработку методики применительно к требованиям современного почвоведения и возможности ее применения в полустационарных и экспедиционных условиях пришлось начинать сначала.

Настоящая статья ставит своей целью изложить разработанный метод и результаты его применения к изучению корневой системы целинной растительности.

Методика исследования. Корневая система растительности четырех целинных участков степей Заволжья изучалась: а) в отношении распределения общей длины корней (без корневых волосков) по всем горизонтам почв методом Н. И. Саввинова и б) в отношении распределения массы (веса) абсолютно сухих корней по тем же горизонтам методом Н. А. Качинского (1925) с дополнениями Б. А. Чижова (1931).

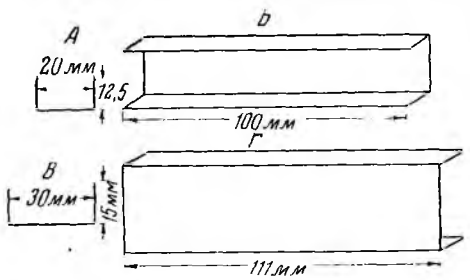
В принципе метод Н. И. Саввинова сводится к определению прямым измерением, проводимым с известной повторностью, средней длины всех живых корней данной растительной группировки в 1 см³ почвы, на разных ее глубинах. Техника проведения работы заключается в нижеследующем.

В почвенном разрезе, расположенном на изучаемой природной или культурной растительной группировке, тщательно зачищается передняя стенка шириной

в 0.8—1.0 м. В эту стенку вровень с ее вертикальной поверхностью вбиваются стальные обоймы объемом в 25 или 50 см³ (фиг. 1), распределенные на определенных глубинах, рядами, с 5—10-кратной повторностью. Так как наибольшую густоту корневая сеть имеет обычно в верхних горизонтах почвы, и здесь же наблюдается наибольшее варьирование этой густоты, в связи с неравномерным распределением отдельных кустов растений, то в верхних горизонтах почвы (до глубины 50—60 см) ряды обоймы забиваются более часто — через 5 см, во втором полуметре — через 10 см, а во втором и последующих метрах — через 20 см. При этом в верхней метровой толще почвы употребляются обоймы объемом в 25 см³ с 5—6-кратной повторностью в каждом ряду, а в нижележащих горизонтах — объемом в 50 см³ с 8—10-кратной повторностью, что также вызывается особенностями распределения корней в почвах.

Схема распределения обойм на стенке разреза представлена на фиг. 2.

Обоймы вырезают из стенки почвенного разреза острым ножом, начиная снизу, вместе с некоторым избытком почвы со всех сторон в виде глыбки, а затем, постепенно состругивая этот избыток, получают почву только в объеме обоймы. Из обойм почву, доведенную до воздушно-сухого состояния, переносят в заранее приготовленные и надписанные бумажные (лучше пергаментные) пакеты, в которых она и поступает в лабораторию.



Фиг. 1. Стальные обоймы для извлечения определенных объемов почвы с корнями.

А — разрез обоймы на 25 см³, *Б* — внешний вид ее, *В* — разрез обоймы на 50 см³, *Г* — внешний вид ее.

Здесь почву из пакетов или прямо из обойм переносят в тарированные сушильные стаканчики, если желают предварительно определить объемный вес воздушно-сухой почвы, или же непосредственно на отмывку всех корней. Отмывку производят в маленьких фарфоровых чашках, где почву размачивают и откуда взмученная суспензия с корнями декантируется через маленькое сито (7—8 см) с отверстиями сетки в 0.25 мм до полной отмывки всех корней.

Тщательно отмытые от почвы обрывки корней переносят в столовую тарелку с чистой водой и отсюда в маленький стаканчик. Пинцетом отбирают лишь живые светлые корешки [1], которые и поступают в наклейку для измерения их общей длины во взятом объеме почвы.

Наклейку производят на заранее заготовленные, разграфленные и покрытые тонким слоем конторского клея листки восковой бумажной кальки (фиг. 3). На этих листках (13 × 18 см) карандашом проводят две параллельные горизонтали на расстоянии 15 см друг от друга, поверхность между ними покрывают клеем и медленно высушивают (никоим образом не на солнце).

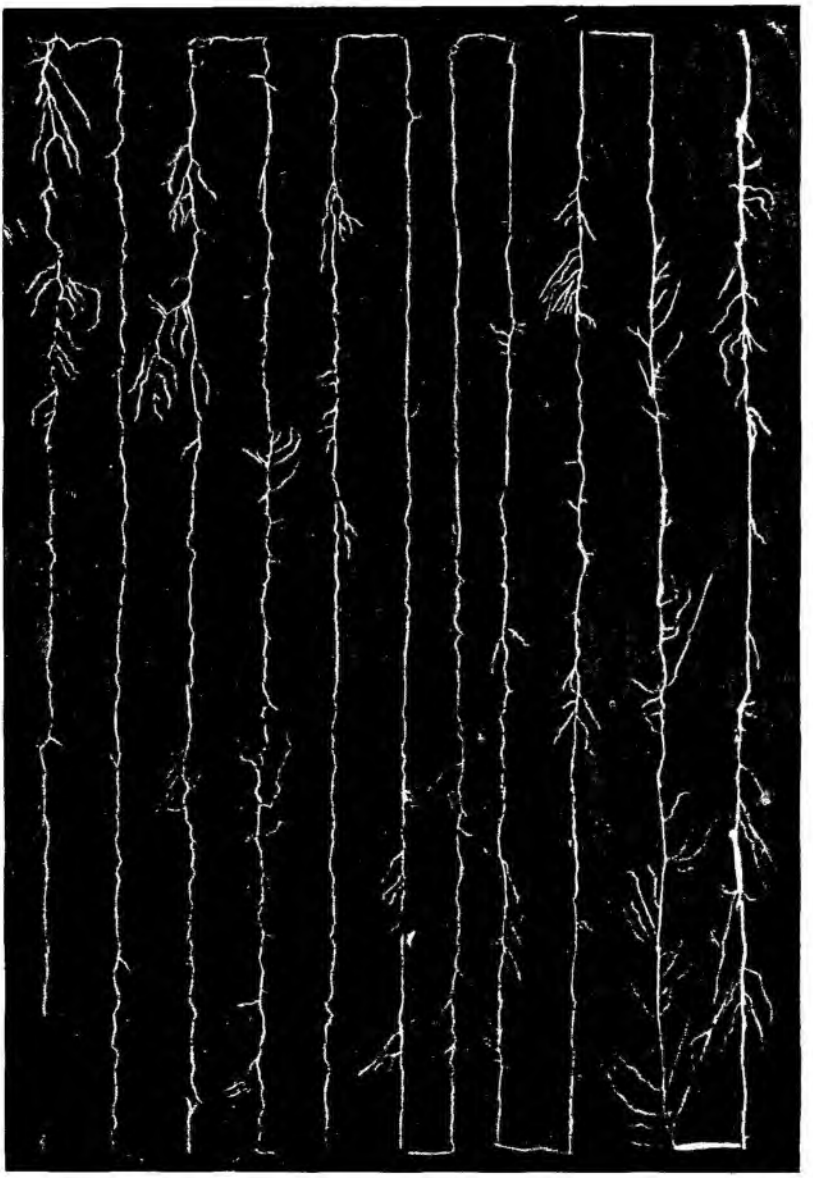
Кусочки корешков из тарелки или стаканчика кладут на покрытый клеем, высушенный листок кальки, начиная с левого угла от верхней черты, причем главные корни направляются вертикально вниз, а боковые корешки расправляются по сторонам. При накладывании влажного корня на покрытую клеем бумагу корешок легко приклеивается. Вилотную к первому обрывку корня таким же способом вниз прикладывают второй, третий и т. д., пока не доходят до нижней черты. На расстоянии 1 см с правой стороны наклеивают снизу вверх вторую линию корней, за ней сверху вниз — третью и т. д., в результате чего получается как бы один длинный непрерывный корень с расправленными препаровальной иглой или шилом боковыми ответвлениями. Чтобы наклейка получилась ровнее, под кальку кладут листок клетчатой бумаги или миллиметровки. Если все корни не умещаются на одном листке, что часто бывает в верхних горизонтах почвы, то наклейку переносят, по мере заполнения, на второй, третий и т. д. листки.

Таким образом, получается как бы один корень, общую длину которого в миллиметрах легко подсчитать, помножив число вертикальных рядов на 150 и прибавив к ним подсчитанную отдельно длину боковых ответвлений. Подсчет, произведенный таким образом двумя разными лицами, как показала неоднократная проверка, дает близкие результаты с отступлениями лишь на 2—3% от общей длины корня.

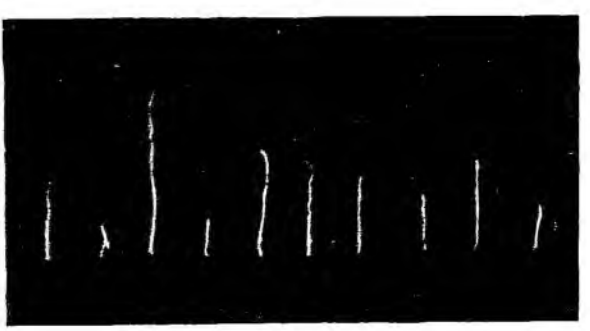
Разделив подсчитанную длину корня в миллиметрах на объем обоймы, получаем длину корня в миллиметрах на 1 см³ или, что то же, в метрах на 1 дм³ почвы.

---

[1] Отборка только живых корешков достигается лишь при некотором навыке, так как не всегда живые корни бывают светлого цвета. Некоторые растения, как, например, *Festuca sulcata* Hack., имеют живые корешки бурого цвета, *Artemisia maritima* D. C. — темносерого цвета и т. д. Руководящим признаком в этих случаях служит эластичность корня (неломкость) при сгибах, светлая внутренняя часть корня и т. д.

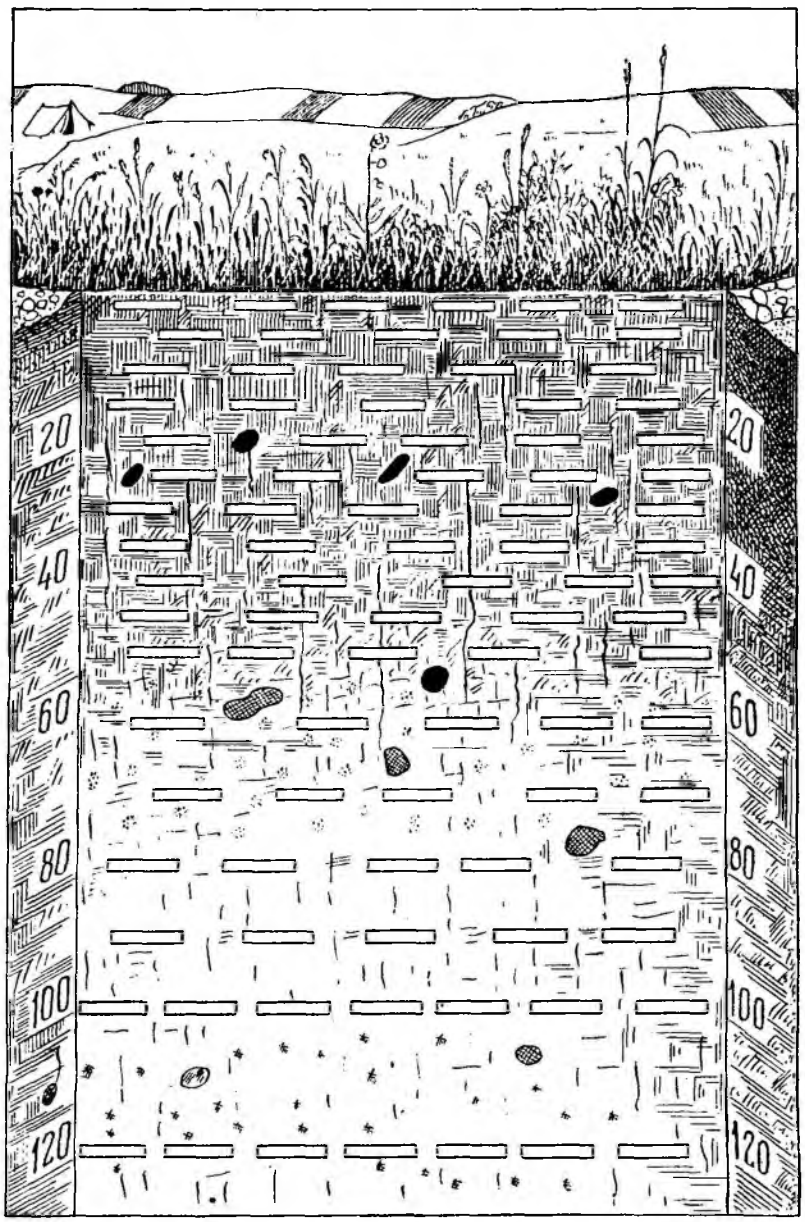


Фиг. 3. Корни типчаково-белополынной растительной группировки из одной обоймы на 25 см³, с глубины 15—17 см в разрезе столбчатого солонца.



Фиг. 4. Корни типчаково-белополынной растительной группировки из 10 обойм, по 25 см³ каждая, с глубины 340—342 см в разрезе столбчатого солонца.

Можно наклеивать корни на любой бумаге. Листки восковой кальки удобнее лишь тем, что ими можно пользоваться непосредственно в качестве негативов для фотографирования на фотобумагу, если желают иметь фотодокумент, как это показано на фиг. 3 и 4, а также и тем, что на ней можно измерять диаметры корней, как в проходящем свете под микроскопом, так и в отраженном свете под бинокуляром.



Фиг. 2. Схема распределения обойм в стенке изучаемого почвенного разреза.

Цифры на фигуре обозначают глубину разреза.

Измерения диаметра корней в разных слоях почвы удобнее производить под бинокуляром с окулярной микролинейкой. При этом в верхней, средней и нижней частях листков восковки с наклеенными корнями карандашом проводят три горизонтальные линии, по которым и измеряют диаметры всех пересекаемых этими линиями главных и боковых корней. Из всех измерений, которых будет тем больше, чем больше общая

длина корней в данном горизонте почвы, вычисляют средний диаметр корня сперва в делениях окулярной линейки, а затем в микронах, для чего необходимо предварительно знать коэффициент перевода показаний окулярной линейки на объективную микролинейку при данном увеличении бинокуляра.

Имея среднюю длину корней в миллиметрах 1 см³ почвы и средний диаметр их в микронах на разных глубинах, легко подсчитать общий объем и поверхность всех корней (без корневых волосков) в любом генетическом горизонте или интересующем нас слое почвы.

Как показало трехлетнее изучение корневой системы целинной и культурной растительности, распределение массы корней по горизонтам почвы не совпадает с распределением длины корней в объеме почвы, как это будет показано ниже. Распределение длины корней или густота пронизанности почвы корнями гораздо точнее отражают специфичность физических и физико-химических свойств отдельных генетических горизонтов разных типов почв, нежели распределение корней по весу.

Изучение распределения массы (веса) корней производилось следующим путем. В изучаемых разрезах после взятия всех проб на изучение распределения длины корней стенки разреза снова зачищались, и в них с двойным контролем брались монолиты в ящике с площадью поверхности 25×25 см и глубиной на 50 см. Монолиты поступали в лабораторию, здесь их разрезали на соответствующие слои, которые и поступали на отмывку [1].

Отмывка корней из почвы и их последующее фракционирование представляют собой наиболее важную и ответственную часть работы. Как совершенно правильно замечает И. Н. Бейдеман (1938), «надо считать, что корневой анализ должен проводиться в лабораторных условиях с такой же точностью и тщательностью, как проделывают механический анализ почвы. Только тогда можно быть уверенным в получаемых данных». Поэтому в данной работе авторами были учтены все ценные методические указания Н. А. Качинского (1925, 1930) — Б. А. Чижова (1931), и сама работа производилась с возможно большей тщательностью.

Вынутый из монолита слой почвы размещали в двух-трех тазах и заливали пресной водой. После того как почва размокала, в течение 5—10 минут ее тщательно перемешивали деревянной лопаточкой и разжиженную суспензию почвы вместе с всплывшими корнями декантировали через большое глубокое сито с отверстиями сетки в 0.25 мм. Оставшуюся в тазу почву снова заливали водой, размешивали и вновь декантировали. Декантацию производили до тех пор, пока не убеждались, что в оставшейся в тазу почве не имеется никаких растительных остатков; это обычно наступало после 6—7 декантаций. Собранные на сите корни промывали в чистой воде, переносили в стаканы, и затем они поступали на разборку.

Отмытые от почвы растительные остатки мы разделяли так же, как и Б. А. Чижов (1931), на две фракции — живых корней и мертвых полуразложившихся остатков, учитывая их различные удельные веса, а отбор производили пинцетом. С этой целью отмытую корневую массу помещали в большой химический стакан, заливали водой почти доверху и перемешивали стеклянной палочкой. Всплывавшие при этом различные мертвые растительные остатки («труха») декантацией быстро сливали через сито с отверстиями 0.25 мм, а живые длинные корни, которые несколько тяжелее отмерших остатков и потому держатся в нижележащем слое воды, придерживали стеклянной палочкой. Эту процедуру проделывают до полного отделения мелких мертвых побуревших растительных остатков, которые

[1] Корни, предназначающиеся для изучения химического состава их золы, включая катионы первой группы, Cl' и SO_4'', непременно нужно отбирать из почвы сухим способом, т. е. раздавливанием всех комков и глыбок и отбором из них всех корней пинцетом, как это рекомендует Н. А. Качинский. Мы не будем здесь касаться существенно важных деталей подготовки корней к химанализу — их окончательной очистки, озоления и самого анализа, — так как это не входит в задачи настоящей статьи.

после легкого отжимания на сите переносят в тарированный сушильный стаканчик.

Для большей уверенности в том, что во фракцию мертвых, всплывших корней не попали мелкие живые корешки, эту фракцию снова проверяют декантацией и выделенные из нее мелкие, светлые, живые корешки присоединяют к фракции живых. Это чаще всего приходится делать до глубины 30—40 см.

В большом стакане, снова налитом водой, остаются светлые, длинные, живые корни и запутавшиеся среди них более или менее длинные, мертвые, побуревшие корни, которые выбираются пинцетом и присоединяются к соответствующей фракции. Кроме того, на дне стакана остаются наиболее темные, совершенно гумифицированные, мелкие, но еще не потерявшие своей формы корневые остатки, настолько прочно соединившиеся с иловатыми почвенными частицами, что их невозможно разделить механически. Они наблюдаются почти исключительно в верхних горизонтах почвы до глубины 30—40 см и глубже почти не встречаются. После длительного промывания мы относили их к мертвой фракции корней.

Выделенные таким образом две фракции корней высушивали до постоянного веса при 102—105° С и взвешивали на аналитических весах.

II. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Всего было изучено 4 целинных участка степи, из которых 3 приурочены к территории Малоузенского солонцового стационара Академии Наук СССР и Нижневолгопроекта НКЗ СССР, расположенного на древней надлуговой террасе р. Малый Узень, близ с. Алексашкино Питерского района Саратовской области, а 4-й — к сыртовым условиям в окрестностях Красного Кута АССР Немцев Поволжья.

На Малоузенском стационаре в 1937 г. была изучена корневая система целинной растительности солонцевато-каштановой почвы, столбчатого солонца и темноцветно-западинной почвы. На целинном участке Краснокутской селекционной сельскохозяйственной опытной станции в 1938 г. изучена корневая система растительности каштановой почвы сыртов. В этом порядке мы и перейдем к изложению добытых материалов.

1. Типчаково-пиретровая растительная группировка на солонцевато-каштановой тяжелосуглинистой почве долины р. Малый Узень

Изученная 15/IX 1937 г. площадка представляла собой до 1935 г. целинный выпас поселка Орловка, Алексашкинского сельсовета. С организацией стационара в 1935 г. пастьба скота здесь была прекращена, и растительность к моменту исследования полностью восстановила свой целинный облик.

Густота травостоя составляла 6.5—7.0.

Главными компонентами данной растительной группировки являются: типчак (*Festuca sulcata* Hack), распространенность которого по Друде оценивается как Cop_{2-3}, пиретрум или ромашник (*Pyrethrum millefoliatum* Willd) Cop_1 — Sp., кохия или изень (*Kochia prostrata* (-Schrad) — Sp., полынок (*Artemisia austriaca* Jack) Sp. — Greg. и весенний эфемер, представленный в момент работы лишь частыми мелкими луковчатыми дерновинками без стеблей и листьев, — мятлик луковчатый (*Poa bulbosa* L.). — Cop_1 — Sp.

Среди этих главных компонентов единичными экземплярами (Sol.) представлены злаки — *Koeleria gracilis* Pers. и *Stipa capillata* L. и из разнотравья — *Statice sareptana* Becker., *Aster villosus* Benth et Hook. и *Artemisia maritima* v. *incana* D. C. Наличие двух последних видов совершенно

ясно свидетельствует о заметной солонцеватости почвы. Местами в небольшом количестве отдельными куртинками встречается *Potentilla bifurca* L. и довольно часто — характерная для этого района водоросль *Nostoc*.

Как видно из этого описания участка, являющегося типичным для речных долин Заволжья, видовой состав растительности здесь чрезвычайно беден. Почвенный разрез этой типичной для района и широко распространенной здесь растительной группировки, изученной в отношении распределения корневой системы до глубины 4 м, характеризуется следующими чертами:[1]

А(НЕ) 0—12 (14) см. — Буровато-серый, местами с ясно выраженным листовато-пластинчатым сложением, сильно пронизанный корнями, глинисто-пылеватый, перегнойно-элювиальный горизонт.

В (НІ) 12(14)—36 см. — Более темный, с коричневатым оттенком, более плотный, с неясной глыбисто-комковатой структурой перегнойно-иллювиальный, пылевато-глинистый горизонт. Книзу структура грубеет и переходит в грубопризматическую. Частые корни и капролиты. Единичные кротовины. Вскипание с 36 см.

ВС(НК) 36—50 см. — Неравномерно окрашенный перегноем, светлобурый с более темными и светлыми языками, плотноватый переходный горизонт.

C_1 (РК) 50—100 см. — Плотный, призматическо-ореховатый, желтовато-палевый лёссовидный суглинок с частой рыхлой белоглазкой. Редкие кротовины. Книзу белоглазка исчезает.

C_2(РКG) 100—160 см. — Тот же суглинок, но с более крупной призматической структурой. Частые мелкие жилки и редкие мелкие друзы гипса. Книзу постепенно появляется сперва грубая, а затем тонкая слоистость. Редкие кротовины и частые ходы и камеры насекомых (муравьев). Книзу выцветы гипса постепенно уменьшаются.

C_3(РКG) 160—400 см. — Тот же суглинок со слегка красноватым оттенком. Редкие мелкие жилки гипса и местами редкие мелкие друзы его. Ясная марганцевая пунктация по всему горизонту. Редкие кротовины. Местами ясная тонкая и более грубая слоистость, в других местах она совершенно не выражена.

Грунтовые воды в 1935 г. (до орошения участка) залегали на глубине 8.0 м, а к сентябрю 1937 г., в связи с проведением невдалеке (около 50 м) оросительного канала, они поднялись до 7.05—7.15 м. Общая засоленность грунтовых вод не велика и составляет 1.7 г/л или около 50 м-экв. катионов и анионов на 1 л, с явным преобладанием хлоридов натрия и отчасти магния.

Подробная физикохимическая характеристика этого почвенного разреза приведена в статье Н. И. Саввинова и Е. И. Кочериной[2], а химическая, коллоиднохимическая и минералогическая — в статье Н. Н. Антипова-Каратаева и В. Н. Филипповой[3], и потому здесь мы их касаться не будем. Отметим лишь, что эта почва содержит в верхнем горизонте 3.9% перегноя, имеет тяжелосуглинистый механический состав с содержанием ила (частиц $<1\mu$) в горизонте НЕ около 20% и в горизонтах НІ и НК свыше 30%, сумму поглощенных оснований в 24—26 м-экв., из которых на долю Na в горизонтах до глубины 40 см приходится 0.2 — 0.7 м-экв., а ниже 1.9—4.6 м.-экв. Заметное количество воднорастворимых солей, преимущественно хлоридов, отмечается с глубины 35—40 см.

Для учета надземной растительной массы вровень с поверхностью почвы было срезано 2 площадки по 0.25 м², из которых одна была расположена в наиболее густой части травостоя, а вторая — в более редкой. Отмытая от загрязняющих ее почвенных частиц и доведенная затем до воздушно-сухого состояния надземная растительная масса весила 132.5 и 105.1 г, что составляет в среднем 475 г/м² или 47.5 ц/га.

---

[1] Обозначения отдельных генетических горизонтов приводим по обычным принятым индексам, а также по индексам акад. А. Н. Соколовского (1930), которые точнее отражают сущность физических и физикохимических свойств этих горизонтов.

[2] Труды Комиссии по ирригации Акад. Наук СССР, вып. 9, М.—Л., 1937 (см. там таблицы по разрезу № 10 1935 г.).

[3] Там же.

Таблица 1

Средняя длина живых корней в 1 см³ почвы (в мм), их средний диаметр (в μ), поверхность (в см²) и объем (в мм³), в 1 л почвы у типчаково-пиретровой растительной группировки на разных глубинах солонцевато-каштановой почвы долины р. Малый Узень

Горизонт	Глубина в см	Длина корней в мм·см³ или в м·л почвы				Колич. измер.	Диаметр корней в μ			На 1 л почвы	
		максим.	миним.	средняя $M \pm m$	$\pm p\%$		максим.	миним.	среднее из всех измерений	поверхность корней в см²	объем корней в мм³
A(HE)	1—2.5	363.3	72.0	234.3 ± 52.2	22.3	286	1 009	21	185.4	1 217.4	6 326.1
	5—6.5	60.7	21.3	36.3 ± 6.2	16.9	83	1 030	41	249.3	284.4	1 778.4
	10—11.5	108.0	44.7	58.8 ± 12.3	21.0	122	927	41	249.3	460.7	2 872.9
B(HI)	15—16.5	80.6	34.0	47.9 ± 8.5	17.8	115	927	52	232.8	350.3	2 039.2
	20—21.5	54.0	39.3	44.4 ± 2.6	5.9	102	752	21	189.5	264.7	1 253.7
	25—26.5	37.3	22.0	30.8 ± 2.8	9.1	76	659	51	206.0	199.3	1 026.7
	30—31.5	72.7	50.0	61.2 ± 4.8	7.8	120	494	31	160.7	309.2	1 243.0
	35—37	95.5	50.1	68.7 ± 7.5	10.9	255	567	41	175.1	376.4	1 641.3
BC(HK)	40—42	23.5	11.5	18.0 ± 2.2	12.2	65	536	72	232.8	131.6	766.3
	45—47	19.5	9.0	14.0 ± 1.8	13.0	58	639	72	265.7	116.9	776.9
C_1(PK)	50—52	26.5	11.5	18.3 ± 3.2	17.2	67	515	62	220.4	126.7	698.3
	60—62	18.5	7.5	12.8 ± 1.8	14.4	48	546	93	228.7	92.0	526.3
	70—72	8.5	4.0	6.9 ± 0.84	12.2	47	577	41	239.0	51.8	309.6
	80—82	3.5	2.2	2.9 ± 0.24	8.3	34	494	51	181.3	16.5	75.0
	90—92	8.5	3.5	5.7 ± 0.82	14.4	40	361	41	164.8	29.5	121.6
C_2(PKG)	100—102	3.7	0.2	1.8 ± 0.53	29.4	26	350	52	140.1	7.9	27.8
	120—122	4.7	1.0	2.2 ± 0.67	30.4	33	350	52	146.3	10.1	38.7
	140—142	3.3	2.0	2.5 ± 0.24	9.6	26	278	62	131.8	10.4	34.1
C_3(PKG)	160—162	2.0	0.8	1.2 ± 0.24	20.0	23	319	62	119.5	4.5	13.5
	180—182	3.3	0.8	2.1 ± 0.49	23.3	41	464	41	127.7	8.4	26.9
	200—202	2.3	0.7	1.5 ± 0.33	22.0	38	453	52	152.4	7.1	27.4
	220—222	3.2	0.7	2.1 ± 0.28	13.3	59	299	41	119.5	7.2	19.8
	240—242	6.7	0.0	3.7 ± 0.66	17.8	85	515	21	129.8	15.1	49.0
	260—262	2.7	0.8	1.5 ± 0.20	13.3	80	227	41	127.7	6.0	19.2
	280—282	3.3	0.2	1.7 ± 0.28	16.5	87	258	21	109.2	5.8	15.9
	300—302	1.8	0.0	1.0 ± 0.20	20.0	65	588	31	168.9	5.4	22.4
	320—322	2.0	0.0	1.0 ± 0.20	20.0	54	464	41	195.7	6.2	30.1
	340—342	0.7	0.16	0.4 ± 0.10	25.0	49	443	21	111.2	1.4	3.9
	360—362	1.66	0.16	0.8 ± 0.14	17.5	59	319	52	152.4	3.8	14.6
	380—382	2.0	0.16	0.8 ± 0.17	21.3	46	340	41	140.1	3.5	12.4
	400—402	2.3	0.0	0.8 ± 0.22	27.5	41	464	62	175.1	4.4	19.3

Для изучения распределения длины, поверхности и объема живых корней в единице объема почвы, на глубину до 4 м был взят 31 ряд обойм с 5-кратной повторностью до глубины 200 см и с 10-кратной — на глубине 200—400 см.[1] Всего, таким образом, было взято 205 образцов почвы объемом в 15—25 см³, в которых и была изучена общая длина живых корней и их средние диаметры. На основе этих исходных данных вычислялись общая поверхность корней и их объем по обычным формулам боковой поверхности и объема цилиндра: для боковой поверхности корней $s = 2\pi rH$ и для объема корней $v = \pi r^2 H$, где r — средний радиус корня в микронах и H — его средняя длина в 1 см³ или в 1 дм³ (1 л) почвы.

Исходные данные для длины корней и их средних диаметров на разных глубинах приводятся в табл. 1. Для длины корней здесь приводится максимальная и минимальная длина корней в 1 см³, полученная из пяти или десяти измерений, их средняя длина из всех измерений (M), а также срединная ошибка (m) и показатель точности исследования (p). Для диаметров корней приводится число измерений их на каждой глубине и затем вычисленный средний диаметр корней в микронах. Вычисления поверхности корней в кв. сантиметрах и их объема в куб. миллиметрах произведены на 1 дм³ почвы.

Как видно из приведенных данных, густота пронизанности единицы объема почвы корнями данной растительной группировки на одной и той же глубине сильно варьирует. Так, например, на глубине 1—2.5 см одни участки почвы пронизаны корнями в среднем длиной в 363.3 мм на 1 см³ почвы, а другие — на той же глубине имеют корней всего лишь 72.0 мм на 1 см³, т. е. в 5 раз меньше; на глубине 5—6.5 см корней имелось соответственно 60.7 и 21.3 мм на 1 см³ почвы, т. е. максимум превышает минимум в 3 раза, на глубине 10—11.5 см в 2.5 раза и т. д. Аналогичные соотношения выражены и по всем другим глубинам почвы, причем с глубины 2.2 м встречаются участки почвы объемом в 25—50 см³, даже совершенно лишенные корней.

Такая неравномерность использования объема почвы корневой системой растений становится совершенно понятной, если принять во внимание, с одной стороны, неравномерность распределения различных растений по поверхности почвы, а с другой стороны, — все специфические особенности общего габитуса разных типов корневых систем, которые присущи растениям, слагающим данную группировку. Таким образом, высокая срединная ошибка (m), а также та же ошибка, но выраженная в процентах, или показатель точности исследования (p), достигающая в данном случае 5.9—30.4%, отражают не столько ошибку или точность самих измерений средней длины корней в единице объема почвы, сколько то природное варьирование этой величины в разных участках почвы, которое присуще всем природным растительным группировкам. Величина срединной ошибки будет уменьшаться с введением большего числа вариантов, т. е. числа обойм, в объеме которых учитывается общая длина корней, но это снижение будет незначительным, так как всегда останется факт неравномерности в степени пронизанности почвы корнями, увеличение же числа повторностей сильно усложняет работу. Достаточно сказать, что даже при 5-кратной повторности, как это было принято в данном разрезе, надо было наклеить на бумагу и измерить 53.3 м обрывков корней, для горизонтов почвы в пределах 0—100 см. Поэтому мы полагаем, что нецелесообразно увеличивать число обойм на одной и той же глубине выше 7, при минимальном количестве их в 4.

[1] Для верхних 30 см применялись обоймы, вмещающие 15 см³ почвы и имеющие высоту 1.5 см. В дальнейшем эти обоймы были признаны менее удобными, чем обоймы в 25 см³, и их исключили из употребления.

Далее, из табл. 1 видно, что корневая система отдельных растений типчаково-ковыльной группировки проникает в почву на глубину свыше 4 м и что на этой глубине средняя протяженность корней еще составляет 0.8 м на 1 дм³ почвы. Наибольшая средняя длина корней, достигающая 234.3 мм на 1 см³ (или 234.3 м на 1 л), приурочена к самому поверхностному горизонту почвы. Этот факт вполне объясняется значительным распространением в травостое данной растительной группировки типичного эфемера *Poa bulbosa* L., имеющего очень тонкую, но длинную корневую систему, приуроченную обычно к самым поверхностным слоям почвы, как это уже было показано для эфемеров наблюдениями Cannon (1911) в пустыне Аризоны (США), а также работами советских исследователей Культиасова (1925) и Советкиной в Голодной степи и Бейдеман (1938) в восточно-закавказской равнине. Все нижележащие слои почвы имеют значительно меньшую густоту пронизанности корнями, достигающую лишь величины 36.3—68.7 мм на 1 см³ почвы. При этом для двух верхних горизонтов почвы — перегнойно-элювиального (НЕ) и перегнойно-иллювиального (НІ)—характерны два минимума средней длины корней в единице объема почвы. Первый минимум приурочен к средней части горизонта НЕ, где средняя длина корней в 1 см³ почвы составляет 36.3 мм, в то время как в верхней части его их длина достигает 234.3, а в нижней — 58.8 мм на 1 см³ почвы. Второй минимум, приуроченный к средней части горизонта НІ, дает корней в среднем всего лишь 30.8 мм на 1 см³ почвы, в то время как верхняя часть этого горизонта имеет их 44.4—47.9 мм, а нижняя — 61.2—68.7 мм на 1 см³ почвы. Вместе с началом появления в почве карбонатов пронизанность ее корнями резко уменьшается, достигая в горизонте НК всего лишь 14.0—18.0 мм на 1 см³. Примерно такую же среднюю длину корней, а именно 12.8—18.0 мм на 1 см³ почвы имеет верхняя часть горизонта РК, в нижней же части этого горизонта средняя длина достигает лишь 2.9—6.9 мм на 1 см³. Все нижележащие горизонты почвы до глубины 4 м имеют среднюю длину корней, измеряющуюся величинами в 0.4—3.7 мм на 1 см³.

Более наглядно распределение корневой системы по длине на глубину 130 см (так как ниже идут ничтожные величины, изображаемые в данном масштабе лишь в виде тонкой линии) изображено на диаграмме, представленной на фиг. 5. Диаграмма составлена по принципу отложения на оси ординат глубины почвы в сантиметрах, а по оси абсцисс, симметрично по обе стороны ординаты, проходящей через центр, отложена средняя длина корней в единице объема почвы. При этом предполагается, что в промежутках между исследованными глубинами длина корней в 1 см³ почвы составляет среднюю величину между верхней и нижней исследованной глубиной. Такое построение диаграммы дает возможность представить корневую систему каждой растительной группировки в виде весьма характерной фигуры, значительно более тонко выявляющей особенности данной почвы и данной корневой системы, чем такие же диаграммы, отражающие распределение корней по их весу.[1]

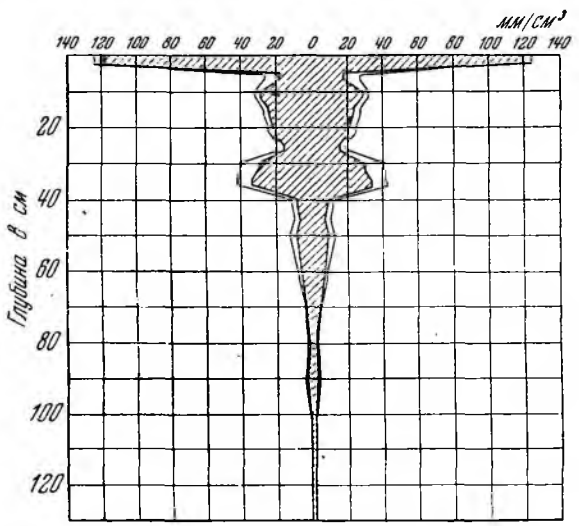
На фиг. 5 ясно выражены вышеописанные характерные черты в распределении корней типчаково-ковыльной растительной группировки по

[1] В 1937 г. мы пытались учесть также среднюю длину всех мертвых, побуревших, полуразложившихся корней, и соответственно этому на фиг. 5, а также на фиг. 7 и 9, на ряду со средней длиной живых корней, представленных заштрихованной фигурой, приводится также сумма живых и мертвых корней, представленная тонкой линией, окаймляющей заштрихованную фигуру. В дальнейшем мы убедились, что учесть сколько-нибудь точно длину мертвых корней невозможно, так как они представлены начиная от длинных ломких нитей длиной в 1—2 см до массы мельчайших крупинок в 1—2 мм или даже доли миллиметра. Учесть длину такой мелкой «трухи» невозможно. Поэтому в дальнейшем проводился учет средней длины только живых корней, и соответственно этому диаграмма средней длины корней в объеме почвы должна представляться лишь в виде заштрихованной фигуры, как это и изображено на фиг. 11 (стр. 206).

их длине в солонцевато-каштановой тяжелосуглинистой почве. Максимумы протяженности корней представлены в приповерхностном слое почвы, в нижней части горизонта НЕ и в верхней и нижних частях горизонта НІ с соответствующими минимумами в середине этих горизонтов. Резкое снижение средней длины корней в 1 см³ почвы выражено начиная с 37—40 см, что совпадает с началом вскипания почвы от HCl.

Максимальные диаметры корней, учтенные на разных глубинах, колеблются от 1030 до 227 μ, а минимальные — от 93 до 21 μ. Вычисленные отсюда на основании многих промеров средние диаметры корней на разных глубинах колеблются в пределах 266—109 μ.

Соответственно с распределением в почве корней по их длине и среднему диаметру распределяется площадь их поверхности или поверхность контакта корней с почвенной массой, или еще, иначе говоря, поверхность ризосферы корней. В горизонте НЕ корневая поверхность достигает 284—1217 см² на 1 дм³ почвы, в горизонте НІ она составляет лишь 199—376 см² на 1 дм³, и далее идет резкое снижение поверхности корней в единице объема почвы. В горизонте НК и в верхней части горизонта белоглазки (РК) поверхность корней составляет 52—132 см², уменьшаясь книзу горизонта РК до 16.5—29.5 см² на 1 дм³ почвы. В карбонатно-гипсовом горизонте (РКG) поверхность корней составляет 7.9—10.4 см² и далее до глубины 4 м лишь 1.4—8.4 см² на 1 дм³ почвы. Лишь на глубине 240—242 см поверхность корней достигает 15.1 см² на 1 л почвы.



Фиг. 5. Длина корней в мм/см³ почвы. Типчаково-ниретровая растительная группировка на тяжелосуглинистой солонцевато-каштановой почве долины р. Малый Узень.

Объем живых корней составляет ничтожную долю объема почвы. Даже в приповерхностном, наиболее пронизанном корнями слое живые корни занимают объем в 6.3 см³ на 1 дм³ почвы, что составляет всего лишь 0.6% от этого объема. Ниже, в горизонтах НЕ и НІ, корни занимают 0.10—0.28% от объема почвы, в горизонтах НК и РК они составляют сотые доли, а в нижележащих горизонтах — лишь тысячные доли процента от объема почвы.

Пользуясь данными табл. 1, можно легко подсчитать среднюю длину, поверхность и средний объем корней по отдельным генетическим горизонтам и подгоризонтам почвы и материнской породы. Такие подсчеты для площади поверхности почвы в 1 м² и на глубину 4 м приводятся в табл. 2. При этом принято, что в слоях почвы, залегающих между исследованными глубинами, корни имеют длину и диаметр в единице объема почвы средние между таковыми величинами в выше- и нижележащих исследованных слоях почвы.

Общая протяженность всех живых корней растений типчаково-ниретровой группировки в колонне почвы с площадью поверхности в 1 м² и глубиной в 4 м, т. е. иначе говоря, общая длина корней в 4 м³ почвы составляет 36.86 км. При этом 26% этой длины сосредоточено в верхней половине перегнойно-элювиального горизонта (НЕ), т. е. в слое 0—6 см, свыше 50%

Таблица 2

Распределение длины живых корней (в км), их поверхности (в м²) и объема (в см³) на площади 1 м² типчаково-пиретровой растительной группировки на глубину 4 м солонцевато-каштановой почвы долины р. Малый Узень

Горизонт	Глубина в см	Средняя длина корней			Средняя поверхность корней			Средний объем корней		
			в %			в %			в %	
		в км	от верхнего слоя =100	от суммы	в м²	от верхнего слоя =100	от суммы	в см³	от верхнего слоя =100	от суммы
A(HE) . .	0—6	9.60	100.0	26.0	6.01	100.0	24.8	304.22	100.0	26.6
	6—12	3.02	31.4	8.2	2.36	42.7	10.6	144.62	46.9	12.6
B(HI) . . .	12—25	5.90	61.5	16.0	4.00	72.3	17.9	199.26	65.5	17.4
	25—36	5.95	62.0	16.2	3.27	59.1	14.7	143.88	47.3	12.6
BC(HK)	36—50	3.59	37.4	9.7	2.45	44.3	11.0	136.76	45.0	12.0
C_1(PK) . .	50—75	2.95	30.7	8.0	2.11	38.2	9.5	119.60	39.3	10.5
	75—100	1.07	11.1	2.9	0.58	10.5	2.6	25.70	8.4	2.2
C_2(PKG) . .	100—120	0.40	4.2	1.1	0.18	3.3	0.8	6.37	2.1	0.6
	120—140	0.47	4.9	1.3	0.21	3.8	0.9	7.19	2.4	0.6
	140—160	0.38	4.0	1.0	0.15	2.7	0.7	4.83	1.6	0.4
C_3(PKG) . .	160—200	0.69	7.2	1.9	0.28	5.1	1.2	9.42	3.1	0.8
	200—300	2.06	21.5	5.6	0.81	14.6	3.6	26.19	8.6	2.3
	300—400	0.78	8.1	2.1	0.39	7.1	1.7	15.69	5.2	1.4
В слое . .	0—400	36.86	384.0	100.0	22.79	403.7	100.0	1 143.73	375.4	100.0
»	0—300	36.08	375.9	97.9	22.40	396.6	98.3	1 128.04	370.2	98.6
»	0—200	34.02	354.4	92.3	21.59	382.0	94.7	1 101.85	361.6	96.3
»	0—100	32.08	334.1	87.0	20.77	367.1	91.1	1 074.04	352.4	93.9
»	0— 50	28.06	292.3	76.1	18.09	318.4	79.0	928.74	304.7	81.2
»	0— 25	18.52	192.9	50.2	12.37	215.0	53.3	648.10	212.4	56.6

в слое почвы 0—25 см, свыше 75% — в слое 0—50 см и 87% в верхней метровой толще почвы. На второй метр глубины почвы падает 5.3%, на третий — 5.6%, а на четвертый — лишь 2.1% от общей длины корней во всем исследованном объеме.

Общая поверхность корней в тех же 4 м³ почвы составляет 22.8 м², из которых около 25% поверхности приходится на самый верхний слой почвы глубиной в 0—6 см, свыше 53%—на слой в 0—25 см, 79%—на слой в 0—50 см и свыше 91% на верхнюю, метровую толщу почвы. Во втором и третьем метре почвы корни имеют по 3.6%, а в четвертом метре — 1.7% от общей поверхности корней в слое 0—4 м.

В тех же 4 м³ почвы корни занимают объем в 1.14 л, что составляет лишь около 0.03% от объема почвы. При этом свыше 26% общего объема корней приурочено к горизонту 0—6 см, свыше 56% — к слою почвы в 0—25 см, свыше 81% к слою 0—50 см и около 94% к верхней метровой толще почвы. Во втором и третьем метрах почвы залегает 2.4 и 2.3%, а в четвертом метре только 1.4% от общего объема корней в четырехметровой колонне почвы с поверхностью в 1 м².

По отношению к объему почвы средний объем живых корней в отдельных генетических горизонтах весьма незначителен. Даже в наиболее насыщенном корнями приповерхностном перегнойно-элювиальном горизонте HE объем корней составляет всего 0.607% для верхней и 0.241% для нижней частей этого горизонта. В перегнойно-иллювиальном горизонте HI

Таблица 3

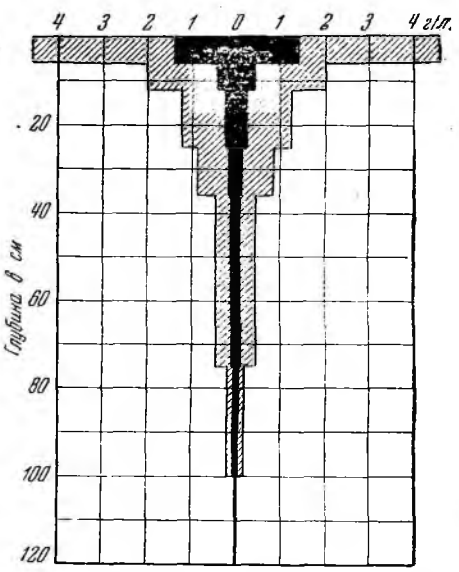
Распределение абсолютно сухой массы корней типчаково-пиретровой растительной группировки в солонцевато-каштановой тяжелосуглинистой почве долины р. Малый Узень

Горизонт	Глубина в см	Содержание растительных остатков в почве на площади 1 м² в г и в % от суммы						Содержание растительных остатков в г/л (мг/см³) по горизонтам и в % к верхнему слою=100					
		живых корней		мертвых остатков		всего		живых корней		мертвых остатков		всего	
		г	%	г	%	г	%	г/л	%	г/л	%	г/л	%
A(HE)	0—6	166.9	38.2	386.5	29.2	553.4	31.5	2.78	100.0	6.44	100.0	9.22	100.0
	6—12	49.8	11.4	193.9	14.7	243.7	13.9	0.83	29.9	3.23	50.2	4.06	49.4
B(HI)	12—25	62.1	14.2	253.7	19.2	315.8	18.0	0.48	17.3	1.95	30.3	2.43	26.4
	25—36	35.3	8.1	143.8	10.9	179.1	10.2	0.32	11.5	1.31	20.3	1.63	17.7
BC(HK) . . .	36—50	29.9	6.9	97.6	7.4	127.5	7.2	0.21	7.6	0.70	10.9	0.91	9.9
C_1(PK)	50—75	52.7	12.1	171.2	13.0	223.9	12.7	0.21	7.6	0.68	10.6	0.89	9.7
	75—100	21.7	5.0	70.3	5.3	92.0	5.2	0.09	3.2	0.28	4.3	0.37	4.0
	100—120	8.1	1.8	1.0	0.1	9.1	0.5	0.040	1.4	0.005	0.1	0.045	0.5
C_2(PKG) . .	120—140	3.5	0.8	0.9	0.1	4.4	0.3	0.017	0.6	0.005	0.1	0.022	0.2
	140—160	2.9	0.7	1.5	0.1	4.4	0.3	0.014	0.5	0.008	0.1	0.022	0.2
C_3(PKG) . . .	160—180	2.2	0.5	0.4	0.0	2.6	0.1	0.011	0.4	0.002	—	0.013	0.1
	180—200	1.2	0.3	0.0	—	1.2	0.1	0.006	0.2	—	—	0.006	0.1
В слое	0—200	436.3	100.0	1 320.8	100.0	1 757.1	100.0	0.218	180.2	0.660	226.9	0.878	218.2
»	0—100	418.4	95.9	1 317.0	99.7	1 735.4	98.7	0.418	177.1	1.317	225.6	1.735	217.1
»	0—50	344.0	78.8	1 075.5	81.4	1 419.5	80.8	0.688	166.3	2.151	211.7	2.839	203.4
»	0—25	278.8	63.8	834.1	63.1	1 112.9	63.4	1.115	147.2	3.336	180.5	4.451	175.8

корни занимают соответственно лишь 0.153% и 0.131% от объема верхней и нижней частей этого горизонта. В переходном горизонте НК корни составляют только 0.097% от объема почвы. Во всех нижележащих горизонтах живые корни составляют лишь сотые и еще ниже — тысячные доли процента от объема почвенных слоев, в которых они помещаются.

Распределение массы (веса) абсолютно сухих, «живых» корней и массы различных мертвых растительных остатков данной растительной группировки по отдельным горизонтам солонцевато-каштановой почвы до глубины 200 см приводится в табл. 3.

Те же данные, но выраженные в весе абсолютно сухих корней в граммах на литр почвы, приведены на фиг. 6, где черная фигура представляет собой распределение живых корней, а вся фигура (вместе с заштрихованной частью) — распределение всех растительных органических остатков (живых и мертвых) по горизонтам почвы до глубины 120 см.



Фиг. 6. Распределение абсолютно сухой массы живых корней и мертвых растительных остатков типчаково-пиретровой растительной группировки по горизонтам солонцевато-каштановой почвы долины р. Малый Узень в г/л почвы.

В двухметровом слое почвы с площадью поверхности в 1 м² содержится 1.76 кг абсолютно сухих растительных остатков, из которых условно на долю живых корней относится 0.44 кг и на долю мертвых остатков — 1.32 кг. Вес воздушно-сухой надземной растительной массы, как уже отмечалось выше, составляет в среднем 0.48 кг на 1 м², с колебаниями от 0.42 кг до 0.53 кг.

Таким образом, вес подземных растительных остатков в целом на одной и той же площади почти в 3.7 раза выше, чем вес надземных частей растительности этой площадки, содержание же живых корней по весу почти равно весу надземной растительной массы.

Главная масса растительных остатков в почве приурочена к самым поверхностным ее горизонтам. В перегнойно-элювиальном горизонте (НЕ) залегает свыше 45% всех растительных остатков, из которых на долю верхней части этого горизонта приходится 31.5%, а на долю нижней части — 13.9%. В слое почвы глубиной в 25 см залегает 63.4%, а в слое 0—50 см почти 81% всех растительных остатков, содержащихся в двухметровой колонце почвы.

Живые корни составляют от $^1/_3$ до $^1/_1$ от содержания всех растительных остатков в почве.

2. Типчаково-белополынная растительная группировка на тяжелосуглинистом столбчатом солонце долины р. Малый Узень

Площадка, расположенная на слегка выраженном склоне на С, невдалеке от разреза № 3 1935 г.,[1] была изучена 20/IX 1937 г. Густота травостоя — 4.5—5.0.

Значительно более изреженная, чем на предыдущей площадке, и еще более бедная в видовом отношении растительность представлена здесь

[1] Труды комиссии по ирригации. АН СССР, вып. 9, 1937.

лишь следующими формами: *Artemisia maritima* var. *incana* D. C.—Cop_3, мелкие дерновинки типчака — *Festuca sulcata* Hack.—Cop_3 и мелкие луковчатые дерновинки без листьев и стеблей *Poa bulbosa* L.—Sp. К этим трем видам, образующим основной фон, местами единичными экземплярами (Sol.) вкраплены *Kochia prostrata* (L.) Schrad. и *Pyrethrum millefoliatum* Wild. Указанными пятью растениями и исчерпывается весь видовой состав данной группировки.

Почвенный разрез, исследованный до глубины 4 м, характеризуется следующими чертами:

A(EH) 0—13 (15) см. — В верхней части белесый с буроватым оттенком, книзу белесый, пылеватый, тонколистовато-чешуйчатой структуры элювиально-перегнойный горизонт, пронизанный густой сетью корней.

B(1H) 13 (15)—35 см. — Буровато-коричневый, плотный, глинистый, столбчатый горизонт, с закругленными верхушками столбиков диаметром в 2—3 см, покрытых обильной белесой присыпкой. Книзу постепенно светлеет и распадается на крупные ореховатые отдельности. Корни проникают, главным образом, по щелям между столбиками. Вскипание от HCl с 25 см.

BC (HK) 35—48 см. — Плотный, светлобурый, призматическо-тумбовидной структуры, слегка прокрашенный перегноем переходный горизонт. Более темные потеки перегноя по трещинам. Редкие корни.

C_1(PK) 48—72 см. — Буровато-палевый, лёссовидный суглинок, с частыми более темными перегнойными потеками по трещинам и обильной рыхлой белоглазкой по всему горизонту. Редкие корни. Кротовины.

C_2(PKGS) 72—150 см. — Тот же лёссовидный суглинок, с частыми белыми жилками гипса и налетами его в виде корочек по граням призматических отдельностей и трещинам. Максимум жилок гипса сосредоточен в слое 115—130 см. По мере высыхания стенок разреза весь горизонт покрылся нежной, пушистой сетью тонкоигольчатых кристаллов воднорастворимых солей (Na_2SO_4 и др.). Нередки кротовины. Корней мало.

C_3(PKGS) 150—220 см. — Тот же суглинок, но с выделениями гипса в виде мелких друз и редких жилок. Частая железо-марганцевая пунктация. Верхняя часть горизонта по высыхании также покрылась кристаллами воднорастворимых солей. Редкие корешки.

C_4(PKG) 220—400 см. — Палевый лёссовидный суглинок местами с ясно выраженным слоистым сложением, без видимых выделений солей. На глубине 240 см — кротовина диаметром 5 × 7 см. Очень редкие тонкие корешки.

Грунтовые воды в смотровой скважине № 3, расположенной невдалеке от этой площади, в 1935 г. (до орошения участка) залегали на глубине 9.1 м, а к сентябрю 1937 г. поднялись почти до 8.0 м. Общая засоленность грунтовых вод составляла 1.5 г/л или около 42 м-экв. катионов и анионов на 1 л, с явным преобладанием хлорида натрия.

Подробная физическая и химическая характеристика солонца этого типа приведена в трудах Комиссии по ирригации АН СССР (см. анализы по разрезу № 3 в этой книге).[1] Здесь отметим лишь самые краткие сведения о некоторых свойствах этой почвы. Перегноя в среднем содержится: в верхнем горизонте 2.5—2.6%, в верхней части горизонта 1H — 2.0—2.2% и в нижней части — 1.0—1.2%.

Содержание ила (частиц < 1 μ), выделенного с химической подготовкой образца, составляет около 10% в горизонте EH и свыше 50% в горизонте 1H. Далее содержание его быстро уменьшается и во всей толще почвы составляет 23—30%. Сумма поглощенных оснований в горизонте EH составляет 14—15 м-экв, а в горизонте 1H — 38—42 м-экв. Содержание поглощенного Na', заметно выраженного лишь в средней и нижней части горизонта 1H, составляет 5.3—7.3 м-экв. или 13—17% от суммы поглощенных катионов. Заметное количество воднорастворимых солей, преимущественно хлоридов, отмечается с глубины 20 см и сульфатов — с глубины 60—70 см.

Вес надземной воздушно-сухой растительной массы, учтенной на двух площадках по 0.25 м², составлял 70.5 г и 60.5 г, что в среднем составляет

[1] Труды комиссии по ирригации. АН СССР, вып. 9, 1937.

Таблица 4

Средняя длина живых корней в 1 см³ почвы (в мм), их средний диаметр (в μ), поверхность (в см²) и объем (в мм³) в 1 л почвы у типчаково-белополынной растительной группировки на разных глубинах столбчатого солонца долины р. Малый Узень

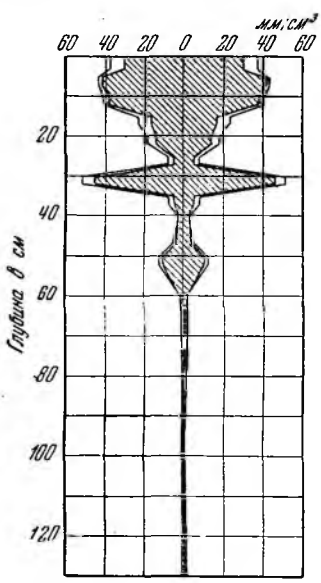
Горизонт	Глубина в см	Средняя длина корней в мм/см³ или в м/л почвы				Колич. измер.	Диаметр корней в μ			На 1 л почвы	
		максим.	миним.	средн. $M \pm m$	$\pm p\%$		максим.	миним.	среднее из всех измерений	поверхность корней в см²	объем корней в мм³
A(EH)	1—3	102.5	33.0	60.3 ± 11.6	19.3	179	690	41	230.7	437.2	2525.3
	5—7	98.5	76.5	84.1 ± 3.8	4.5	233	639	62	212.2	560.6	2974.6
	10—12	97.5	57.0	76.4 ± 8.3	10.9	218	515	41	203.9	489.6	2497.4
B(IH)	15—17	50.3	15.5	32.7 ± 6.3	19.4	109	546	52	206.0	211.6	1090.0
	20—22	38.0	20.0	28.4 ± 3.3	11.6	98	670	52	206.0	183.8	946.7
	25—27	16.0	7.5	10.3 ± 1.5	15.0	59	628	72	236.9	76.7	454.4
	30—32	117.5	77.5	92.5 ± 8.3	8.9	269	515	41	166.9	485.3	2026.4
BC(HK)	35—37	13.5	5.0	9.6 ± 0.4	4.4	53	412	41	154.5	46.6	180.2
	40—42	10.5	3.5	6.3 ± 1.3	19.8	64	299	72	152.4	30.2	114.9
	45—47	15.5	3.0	8.4 ± 2.0	24.1	61	340	41	150.4	39.7	149.3
C_1(PK)	50—52	37.0	8.5	20.8 ± 5.3	25.3	74	433	41	121.5	79.5	241.6
	60—62	6.0	1.5	3.2 ± 0.8	24.7	49	319	72	129.8	13.0	42.3
	70—72	3.5	0.5	1.7 ± 0.5	31.2	36	608	52	146.3	7.8	28.6
C_2(PKG)	80—82	1.0	0.5	0.7 ± 0.1	14.3	21	185	62	113.3	2.5	7.1
	90—92	2.8	0.0	1.2 ± 0.5	41.7	25	258	72	166.9	6.3	26.3
	100—102	2.0	0.0	1.1 ± 0.4	36.4	21	670	31	214.2	7.4	39.6
	120—122	4.3	0.5	1.5 ± 0.85	56.7	26	237	21	125.7	5.9	18.6
C_3(PKG)	140—142	0.75	0.25	0.5 ± 0.14	28.0	17	412	72	179.2	2.8	12.6
	160—162	2.0	0.0	0.9 ± 0.33	36.7	19	371	72	185.4	5.2	24.3
	180—182	1.5	0.5	0.9 ± 0.17	18.9	23	278	41	121.5	3.4	10.5
	200—202	1.0	0.25	0.8 ± 0.14	17.5	24	237	41	121.5	3.1	9.3
	220—222	2.3	0.0	0.7 ± 0.17	24.3	47	299	41	158.6	3.5	13.8
	240—242	0.83	0.16	0.4 ± 0.10	25.0	50	350	52	187.5	2.4	11.1
	260—262	3.7	0.16	1.4 ± 0.36	25.7	68	361	21	175.1	7.7	33.8
	280—282	0.66	0.16	0.5 ± 0.06	12.8	43	319	62	166.9	2.6	11.0
	300—302	1.16	0.3	0.5 ± 0.10	20.0	37	350	62	173.0	2.7	11.8
	320—322	1.83	0.3	0.7 ± 0.14	20.0	49	309	82	175.1	3.9	16.9
	340—342	0.66	0.16	0.4 ± 0.054	13.5	39	690	31	166.9	2.1	8.8
	360—362	0.66	0.16	0.4 ± 0.062	15.5	45	278	41	125.7	1.6	5.0
	380—382	0.66	0.16	0.4 ± 0.062	15.5	47	206	31	117.4	1.5	4.3
	400—402	0.83	0.16	0.5 ± 0.045	9.0	52	330	31	160.7	2.5	10.2

262.0 г/м² или 26.2 ц/га, т. е. почти в два раза ниже, чем в предыдущей типчаково-пиретровой растительной группировке на солонцевато-каштановой почве.

Корневая система на глубину 4 м в этом разделе изучалась совершенно такими же приемами, как и в предыдущем.

Распределение живых корней по их средней длине, диаметру, поверхности и объему в единице объема почвы, на разной ее глубине приводится в табл. 4.

Характерными чертами корневой системы этой группировки являются: а) сильное вариирование густоты пронизанности, а следовательно также поверхности и объема корней в единице объема почвы на одной и той же ее глубине; б) отсутствие резко выраженного максимума густоты корневой системы в приповерхностном слое почвы, что связано с меньшим участием в травостое эфемера *Poa bulbosa* L. и приуроченность первого максимума к горизонту 5—12 см; в) очень слабая густота пронизанности уплотненного иллювиального горизонта IH и особенно его средней части, где отдельные корни проникают в почву лишь по трещинам, совершенно не ветвясь; г) наличие второго, более высокого максимума густоты корней в самой нижней, более рыхлой части горизонта IH, где корни дают густую сеть ответвлений; д) наличие третьего слабого, но явно выраженного максимума в верхней части горизонта белоглазки и е) наличие живых корней на всей исследованной глубине, т. е. до 4 м, где их средняя длина составляет еще 0.4—0.5 м на 1 дм³ почвы.



Фиг. 7. Длина корней в мм/см³ почвы. Типчаково-белополынная растительная группировка на тяжелосуглинистом столбчатом солонце долины р. Малый Узень.

Все эти характерные черты в распределении корневой системы данной растительной группировки хорошо иллюстрируются диаграммой на фиг. 7, составленной по тому же принципу, что и для предыдущей группировки.

Диаметр учтенных корней колеблется от 690 до 21 μ. Средний диаметр по отдельным глубинам, вычисленный из многих промеров, колеблется от 237 до 113 μ.

На основании исходных данных табл. 4 вычислена общая длина, поверхность и объем корней по отдельным генетическим горизонтам и во всей почвенной толще для площадки с поверхностью в 1 м² на глубину 4 м (табл. 5).

Общая длина всех живых корней в 4 м³ почво-грунта здесь почти ровно на $^1/_3$ меньше, чем у предыдущей растительной группировки, и составляет всего лишь 23.93 км вместо 36.86 км в предыдущей. Из этой общей протяженности корней 43.9% ее сосредоточено в элювиальном горизонте EH, свыше 55% — в слое почвы 0—25 см, свыше 82% — в слое почвы 0—50 см и свыше 90% — в верхней метровой толще почвы. Во втором метре глубины почво-грунта здесь сосредоточено 4.3%, в третьем — 3.1% и в четвертом — 2.0% от общей длины корней во всем исследованном объеме. Сравнивая эти данные с соответствующими данными предыдущей растительной группировки, надо отметить несколько большее сосредоточие или приуроченность корневой системы данной группировки к верхним горизонтам почвы по сравнению с предыдущей.

Общая поверхность корневой системы в 4 м³ почвы составляет здесь всего лишь 14.3 м² по сравнению с предыдущей группировкой, где она

Таблица 5

Распределение длины живых корней (в км), их поверхности (в м²) и объема (в см³) на площади 1 м² типчаково-белополынной растительной группировки на столбчатом солонце долины р. Малый Узень

Горизонт	Глубина в см	Длина корней			Поверхность корней			Объем корней		
			в %			в %			в %	
		в км	от верхнего слоя = 100	от суммы	в м²	от верхнего слоя = 100	от суммы	в см³	от верхнего слоя = 100	от суммы
A(EH)	0—7	4.94	100.0	20.6	3.44	100.0	24.1	191.03	100.0	27.4
	7—15	5.57	112.8	23.3	3.61	104.9	25.2	186.00	97.4	26.6
B(IH)	15—25	2.72	55.1	11.4	1.79	52.0	12.5	93.80	49.1	13.4
	25—35	5.13	103.8	21.4	2.88	83.7	20.1	131.69	68.9	18.9
BC(HK)	35—50	1.38	27.9	5.8	0.64	18.6	4.5	23.72	12.4	3.4
C_1(PK)	50—75	1.71	34.6	7.1	0.68	19.8	4.8	20.71	10.8	3.0
C_2(PKG)	75—100	0.25	5.1	1.0	0.13	3.8	0.9	5.21	2.7	0.7
	100—120	0.31	6.3	1.3	0.17	4.9	1.2	7.77	4.1	1.1
	120—140	0.21	4.3	0.9	0.10	2.9	0.7	3.76	2.0	0.5
C_3(PKG)	140—160	0.14	0.8	0.6	0.08	2.3	0.6	3.54	1.9	0.5
	160—180	0.18	3.6	0.8	0.09	2.6	0.6	3.61	1.9	0.5
	180—200	0.17	3.4	0.7	0.07	2.0	0.5	1.99	1.0	0.3
	200—300	0.74	15.0	3.1	0.39	11.3	2.7	16.35	8.6	2.3
	300—400	0.48	9.7	2.0	0.23	6.7	1.6	9.12	4.8	1.3
В слое	0—400	23.93	484.4	100.0	14.30	415.5	100.0	698.31	365.6	100.0
»	0—300	23.45	474.7	98.0	14.07	408.8	98.4	689.19	360.8	98.6
»	0—200	22.71	459.7	94.9	13.68	397.5	95.7	672.84	352.2	96.3
»	0—100	21.70	439.3	90.6	13.17	382.8	92.1	652.17	341.3	93.4
»	0—50	19.74	399.6	82.5	12.36	359.2	86.4	626.24	327.8	89.7
»	0—25	13.23	267.9	55.3	8.84	256.9	61.8	470.83	246.5	67.4

составляла 22.8 м². Такое уменьшение корневой поверхности связано, прежде всего, с меньшей общей длиной корней в том же объеме почвы и затем с несколько меньшим средним диаметром корней.

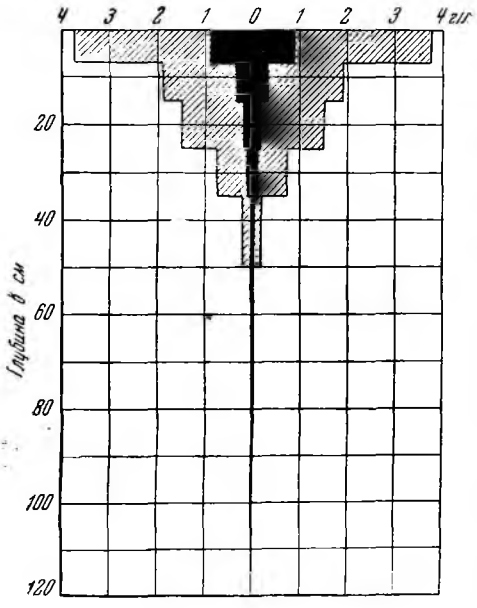
Почти половина поверхности корней (49.3%) приурочена к элювиальному горизонту EH, почти 62% — к слою почвы 0—25%, свыше 86% — к слою почвы 0—50 см и свыше 92% — к верхней метровой толще почвы. Во втором метре почвы сосредоточено всего лишь 3.6%, в третьем — 2.7% и в четвертом — 1.6% общей поверхности корней в 4 м³ почво-грунта.

Объем живых корней в 4 м³ почво-грунта составляет 0.7 л против 1.14 л в предыдущем разрезе. При этом свыше 27% этого объема сосредоточено в верхней части элювиального горизонта EH, а во всем элювиальном горизонте — 54%. Около 90% объема всех корней сосредоточено в слое почвы 0—50 см и свыше 93% — в верхней метровой толще почвы. Во втором метре почво-грунта находится всего 2.9%, в третьем — 2.3% и в четвертом — 1.4% объема всех корней, содержащихся в четырехметровой колонне почво-грунта. По отношению к объему почвы объем живых корней составляет 0.27 и 0.23% в верхней и нижней частях элювиального горизонта EH, а в горизонте IH соответственно всего лишь 0.09 и 0.13% в верхней и нижней частях его. Во всех нижележащих горизонтах корни занимают еще значительно меньшие доли объема почво-грунта.

Распределение абсолютно сухой массы корней по генетическим горизонтам и подгоризонтам для верхних 2 м³ почво-грунта приводится в табл. 6,

а те же данные, выраженные в граммах на метр почвы, представлены на фиг. 8.

Двухметровая колонна почвы содержит 1.41 кг абсолютно сухих растительных остатков, из которых 0.29 кг, или 20.6%, надо условно отнести к живым корням и 1.12 кг, или 79.4%, падает на долю различных мертвых растительных остатков. По сравнению с весом надземной воздушно-сухой растительной массы, составляющей в среднем 0.26 кг на 1 м², вес живых корней лишь немного превышает эту величину. Вес же всех растительных остатков в двухметровой толще почвы здесь почти в пять с лишним раз выше веса надземной части растительности. Эти данные позволяют полагать, что для добывания питательных веществ и воды из солонцовой почвы растительность ее должна развивать значительно большую длину и поверхность корней для создания единицы сухого надземного органического вещества, чем это имеет место у других растительных группировок. Разложение же и минерализация отмерших корневых систем в солонцовой почве протекает значительно медленнее, чем те же процессы в более богатой питательными веществами и водой солонцевато-каштановой почве.



Фиг. 8. Распределение абсолютно сухой массы живых корней и мертвых растительных остатков типчаково-белополынной растительной группировки по горизонтам столбчатого солонца долины р. Малый Узень в г/л почвы.

Главная масса живых и мертвых растительных остатков в почве здесь, так же как и в предыдущем разрезе и как это наблюдается для травянистой растительности в целом на всякой почве, приурочена к верхним горизонтам почвы.

В верхнем слое почвы глубиной 0—25 см сосредоточено $^4/_5$, или 80%, от всей массы имеющейся в двухметровой толще почвы, а в слое 0—50 см сосредоточено 95% всего запаса. В нижнем полутораметровом слое почвогрунта имеется всего лишь 4% растительных остатков, содержащихся в двухметровой толще его.

3. Злаково-разнотравная растительная группировка на темноцветной, черноземовидной почве лощинных понижений долины р. Малый Узень

Изученная 9 октября 1937 г. площадка расположена на весьма пологом террасовидном склоне мелкой балки, пересекающей участок Малоузенского стационара и впадающей в р. Малый Узень. До 1935 г. она использовалась как выпас. Густота травостоя 8.5—9.5. Злаки и отчасти осоки, составляющие здесь основной фон растительности, представлены следующими видами: *Festuca sulcata* Hack.—$Cop._1$, *Agropyrum repens* (L.) P. B.—$Cop._1$, *Bromus inermis* Leyss.—$Cop._1$, *Carex stenophylla* Wahlub.—$Cop._1$, *Koeleria gracilis* Pers.—Sp., *Poa pratensis* L.—Sp., *Stipa capillata* L.—Sol. и *Poa bulbosa* L.—Sp.

Среди этих видов группами и в одиночку распределено следующее разнотравье: *Thymus Marschallianus* Willd.—Cop_1. Gr., *Achillea millifolium* L.—Sp., *Potentilla bifurca* L.—Sp.. *Artemisia austriaca* Jack.—Sp., *Statícea*

Таблица 6

Распределение абсолютно сухой массы корней типчаково-белополынной растительной группировки в столбчатом солонце долины р. Малый Узень

Горизонт	Глубина в см	Содержание растительных остатков в почве на площади 1 м² в г и в % от суммы						Содержание растительных остатков в г/л (мг/см³) по горизонтам и в % к верхнему слою = 100					
		живых корней		мертвых остатков		всего		живых корней		мертвых остатков		всего	
		г	%	г	%	г	%	г/л	%	г/л	%		%
A(EH)	0—7	127.1	43.2	399.0	35.7	526.1	37.2	1.82	100.0	5.70	100.0	7.52	100.0
	7—15	55.4	18.8	247.2	22.1	302.6	21.4	0.69	37.9	3.09	54.2	3.78	50.3
B(IH)	15—25	36.3	12.3	265.6	23.8	301.9	21.4	0.36	19.8	2.66	46.7	3.02	40.2
	25—35	22.4	7.6	124.9	11.2	147.3	10.4	0.22	12.1	1.25	21.9	1.47	19.5
BC(HK)	35—50	19.0	6.5	59.8	5.3	78.8	5.6	0.13	7.1	0.40	7.0	0.53	7.0
C_1(PK)	50—75	7.3	2.5	14.5	1.3	21.8	1.6	0.03	1.6	0.06	1.1	0.09	1.2
C_2(PKG)	75—100	8.2	2.8	4.7	0.4	12.9	0.9	0.03	1.6	0.02	0.4	0.05	0.7
	100—120	3.6	1.2	0.7	0.1	4.3	0.3	0.018	1.0	0.004	0.1	0.022	0.3
	120—140	4.5	1.5	0.5		5.0	0.4	0.022	1.2	0.003		0.025	0.3
C_3(PKG)	140—160	4.5	1.5	0.4	0.1	4.9	0.3	0.022	1.2	0.002	0.1	0.024	0.3
	160—180	1.9	0.6	0.5		2.4	0.2	0.009	0.5	0.003		0.012	0.2
	180—200	4.3	1.5	0.3		4.6	0.3	0.021	1.2	0.002		0.023	0.3
В слое	0—200	294.5	100.0	1 118.1	100.0	1 412.6	100.0	0.169	185.2	0.660	231.5	0.828	220.3
»	0—100	275.7	93.7	1 115.7	99.8	1 391.4	98.5	0.328	180.1	1.318	231.3	1.646	218.9
»	0—50	260.2	88.4	1 096.5	98.1	1 356.7	96.0	0.644	176.9	2.620	229.8	3.264	217.0
»	0—25	218.8	74.3	911.8	81.6	1 130.6	80.0	1.148	157.7	4.580	200.9	5.728	190.5

sareptana Bacnar.—Sol. *Dianthus Borbasii* Vanolas—Sol., *Artemisia maritima* v. *incana* D. C.— Sol., *Pyrethrum millefoliatum* M. B. — Sol., *Artemisia scoparia* Weldst et Hook. — Sol., *Phlomis pungens* Willd. — Sol., *Potentilla argentea* L. — Sol., *Salvia nemorosa* L. — Sol., *Inula britannica* L. — Sol. и др.

Как видно из этого описания, группировка на темноцветной почве наиболее разнообразна и богата как в видовом отношении, так и по общей густоте травостоя, что объясняется более благоприятным водным и пищевым режимом таких местообитаний.

Почвенный разрез, изученный до глубины 2 м, характеризуется следующими морфологическими признаками:

$A_1(H_1)$ 0—13(15) см. — Темносерый, уплотненный, комковато-зернистый, сплошь переплетенный корнями, тяжелосуглинистый перегнойный горизонт. Переход книзу постепенный.

$B_1(H_2)$ 13(16)—35 см. — Темносерый, слегка коричневатый, плотноватый, с вертикальными трещинами, комковато-призмовидной неясной структуры, сильно пронизанный корнями перегнойный горизонт. Частые корни. Редкие кротовины.

$B_3(H_3)$ 35—70 см. — Плотный, темнобурый, призматическо-ореховатый, тяжелосуглинистый перегнойный горизонт, неравномерной окраски. Более темные и более светлые вертикальные языки и потеки. Нередкие кротовины и капролиты. Книзу становится несколько более рыхлым. Вскипание от HCl с 68—70 см.

BC(HK) 70—90 см. — Светлобурый, постепенно переходящий в буровато-палевый, переходный перегнойный горизонт. Плотный. Частые кротовины диаметром 5—6 см. Редкие корни.

C_1(PK) 90—200 см. — Желтовато-палевый, бесструктурный лёссовидный суглинок с редкой белоглазкой в верхней части и частыми известковыми трубочками в нижней. Редкие корни, ходы и камеры червей.

Грунтовые воды в смотровой скважине № 21, расположенной на таком же террасовидном склоне в этой же балке, на расстоянии около 50 м от изученного разреза, в 1935 г. (до орошения участка) находились на глубине 6.2 м. К сентябрю 1937 г. их уровень поднялся на 25 см, т. е. залегал на глубине 5.95 м. Такое небольшое поднятие объясняется тем, что скважина № 21 находится на расстоянии около 70 м от ближайшего орошаемого участка — питомника кормовых трав. Общая засоленность грунтовых вод составляла 5.2 г/л или около 182 м-экв. катионов и анионов на 1 л, с преобладанием хлорида натрия.

Содержание перегноя в горизонте A_1 (H_1) составляет около 7.5%, уменьшаясь в горизонте $B_1(H_2)$ до 4.5% и в средней части горизонта $B_2(H_3)$ до 2%. Сумма поглощенных оснований, представленных почти исключительно катионами Ca (> 80%), составляет в верхних горизонтах 30—31.5 м-экв. на 100 г почвы, уменьшаясь на глубине 30—35 см до 27.7 м-экв. Ион натрия составляет всего лишь 0.7—1.1% от суммы поглощенных оснований. Качественный и количественный анализ коллоидов, воднорастворимых веществ, емкости поглощения, состава обменных оснований и ряда других свойств этой почвы показал, что по этим признакам темноцветные почвы западин близки к черноземным почвам. Поэтому эти почвы часто называются также черноземовидными почвами западин.

Вес надземной воздушно-сухой массы, учтенный на двух площадках по 0.25 м², составлял 174.5 г и 152.7 г, что в среднем составляет 654.4 г/м², или 65.4 ц/га, вместо 26.2 ц/га на солонце и 47.5 ц/га на солонцевато-каштановой почве.

Корневая система изучена на глубину 2 м обоймами объемом по 15 см³, с 5-кратной повторностью на каждой глубине. Распределение живых корней по глубинам почвы представлено в табл. 7.

Характерные черты корневой системы данной ассоциации, как это видно из табл. 7 и диаграммы, представленной на фиг. 9, сводятся к следующему:

Таблица 7

Длина живых корней (в мм), их средний диаметр (в μ) в 1 см³ почвы, поверхность (в см²) и объем корней (в мм³) в 1 л почвы злаково-разнотравной растительной группировки на разных глубинах темноцветной почвы лощинных понижений долины р. Малый Узень

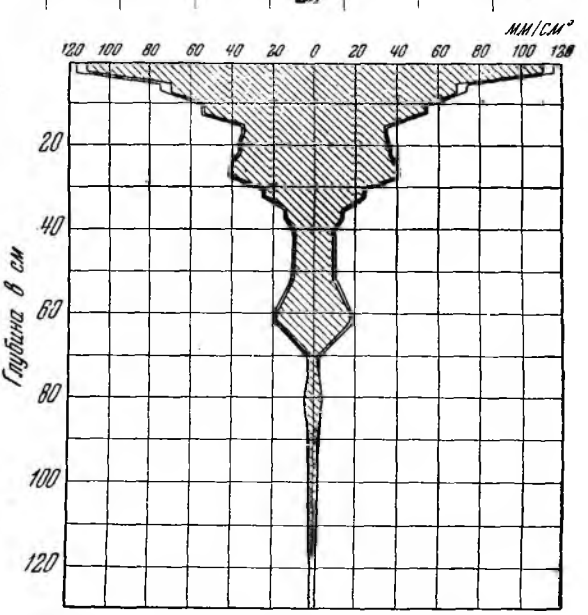
Горизонт	Глубина в см	Длина корней в мм см³			Число промеров	Диаметр корней в μ			На 1 дм³ почвы	
		максим.	миним.	среднее M		максим.	миним.	среднее из всех промеров	поверхность корней в см²	объем корней в мм³
A(H_1)	1—2.5	330.6	177.7	223.3	247	845	21	129.8	910.5	2955.2
	5—6.5	205.3	88.9	138.7	267	700	21	113.3	494.1	1398.5
	10—11.5	123.2	92.0	106.8	232	546	21	94.8	318.1	754.6
B_1(H_2)	15—16.5	72.0	65.7	67.5	152	505	21	115.4	244.7	706.1
	20—21.5	106.1	44.3	72.0	138	917	31	129.8	293.6	952.8
	25—26.5	140.9	52.6	80.0	164	556	41	109.2	274.4	749.4
	30—31.5	62.9	36.3	48.0	98	731	41	138.0	208.1	718.0
B_2(H_3)	35—36.5	31.2	24.4	27.3	73	350	41	111.2	95.4	265.2
	40—41.5	23.6	9.6	18.2	51	618	31	171.0	97.8	418.0
	50—51.5	23.6	14.6	19.3	47	536	41	177.2	107.4	476.0
	60—61.5	50.0	29.0	36.0	67	433	41	133.9	151.4	507.0
BC(НК)	70—71.5	3.9	2.4	3.2	28	278	31	164.8	16.6	68.3
	80—81.5	12.6	6.0	8.5	38	330	21	113.3	30.3	85.7
C_1(РК)	90—91.5	5.6	1.7	3.5	44	577	62	168.9	18.6	78.4
	100—101.5	10.0	2.0	5.3	40	433	41	129.8	21.6	70.1
	120—121.5	2.6	1.3	1.8	25	227	52	129.8	7.3	23.8
	140—141.5	9.3	2.0	4.5	36	227	62	113.3	16.0	45.4
	160—161.5	3.3	0.3	1.8	26	515	62	218.4	12.3	67.4
	180—182	1.8	0.5	1.2	20	309	41	146.3	5.5	20.2
	200—202	1.0	0.3	0.6	16	288	72	162.7	3.1	12.5

а) значительно более слабо выраженное варьирование густоты пронизанности корнями единицы объема почвы на одной и той же глубине по сравнению с предыдущими растительными группировками;

б) резко выраженный максимум густоты корневой системы, ее поверхности и объема в верхнем горизонте почвы; корневая система образует здесь плотную, трудно разрываемую на части дернину;

в) резкое сокращение длины корней в единице объема почвы, начиная с верхней части горизонта B_2(H_3), и наличие второго максимума густоты в нижней части этого горизонта.

Диаметры корней по разным глубинам колеблются от 845 до 21 μ, а средние диаметры — от 218 до 95 μ.



Фиг. 9. Длина корней в мм/см³ почвы. Злаковоразнотравная растительная группировка на тяжелосуглинистой темноцветной (черноземовидной) почве лощинных понижений долины р. Малый Узень.

Общая длина, поверхность и объем корней по отдельным генетическим горизонтам и во всей изученной почвенной толще для площади с поверхностью в 1 м² и на глубину 2 м приводятся в табл. 8.

Таблица 8

Распределение длины живых корней (в км), их поверхности (в м²) и объема (в см³) на площади 1 м² злаково-разнотравной растительной группировки на темноцветной почве лощинных понижений долины р. Малый Узень

Горизонт	Глубина в см	Длина корней			Поверхность корней			Объем корней		
			в %			в %			в %	
		в км	от верхнего слоя = 100	от суммы	в м²	от верхнего слоя = 100	от суммы	в см³	от верхнего слоя = 100	от суммы
$A(H_1)$	0—5	10.11	100.0	22.1	3.96	100.0	21.9	126.64	100.0	21.4
	5—10	6.37	63.0	13.9	2.14	54.0	11.8	57.72	45.6	9.7
	10—15	4.65	46.0	10.1	1.48	37.4	8.2	38.03	30.0	6.4
$B_1(H_2)$	15—25	7.19	71.1	15.7	2.75	69.4	15.2	83.75	66.1	14.1
	25—35	5.48	54.2	12.0	2.11	53.3	11.7	65.51	51.7	11.1
$B_2(H_3)$	35—50	3.07	30.4	6.7	1.52	38.4	8.4	61.22	48.3	10.3
	50—60	2.64	26.1	5.8	1.31	33.1	7.2	52.68	41.6	8.9
	60—70	2.21	21.9	4.8	1.00	25.3	5.5	37.11	29.3	6.3
BC(HK)	70—80	0.55	5.4	1.2	0.24	6.1	1.3	8.83	7.0	1.5
	80—90	0.64	6.3	1.4	0.27	6.8	1.5	9.58	7.6	1.6
C_1(PK)	90—100	0.43	4.3	0.9	0.19	4.8	1.0	7.85	6.2	1.3
	100—120	0.74	7.3	1.6	0.30	7.6	1.7	9.75	7.7	1.6
	120—140	0.61	6.0	1.3	0.23	5.8	1.3	7.15	5.6	1.2
	140—160	0.65	6.4	1.4	0.33	8.3	1.8	14.55	11.5	2.5
	160—180	0.31	3.1	0.7	0.18	4.5	1.0	8.56	6.8	1.4
	180—200	0.19	1.9	0.4	0.09	2.3	0.5	3.45	2.7	0.6
В слое	0—200	45.84	453.4	100.0	18.10	457.1	100.0	592.38	467.8	100.0
»	0—100	43.34	428.7	94.5	16.97	428.5	93.8	548.92	433.4	92.7
»	0—50	36.87	364.7	80.4	13.96	352.5	77.1	432.87	341.8	73.1
»	0—25	28.32	280.1	61.8	10.33	260.9	57.1	306.14	241.7	51.7

Распределение абсолютно сухой массы корней по генетическим горизонтам для верхнего 1 м³ почвы приводится в табл. 9 и те же данные, выраженные в граммах на литр почвы, представлены на фиг. 10.

Общая длина всех живых корней в 2 м³ почвы здесь значительно выше, чем у двух предыдущих группировок, и составляет 45.8 км вместо 34.0 км у типчаково-ниретровой группировки и 22.7 км у типчаково-белополынной группировки в таких же объемах почвы. Наибольшая протяженность корней, а именно около 46% от суммы, залегает в горизонте $A_1(H_1)$ мощностью 0—15 см и около 75% залегает в горизонте 0—35 см ($A + B_1$).

Несмотря на большую протяженность корней рассматриваемой ассоциации в единице объема почвы, поверхность корневой системы в 2 м³ почвы составляет всего лишь 18.1 м² по сравнению с 21.5 м² для ассоциации на солонцевато-каштановой почве и 13.7 м² для ассоциации на солонце в таком же объеме почвы. Уменьшение поверхности корневой системы при увеличенной ее протяженности в единице объема почвы связано с меньшим средним диаметром корневой системы данной ассоциации, представленной преимущественно многолетними злаками со значительно меньшим участием растений со стержневым и корнеотпрысковым типом корневых

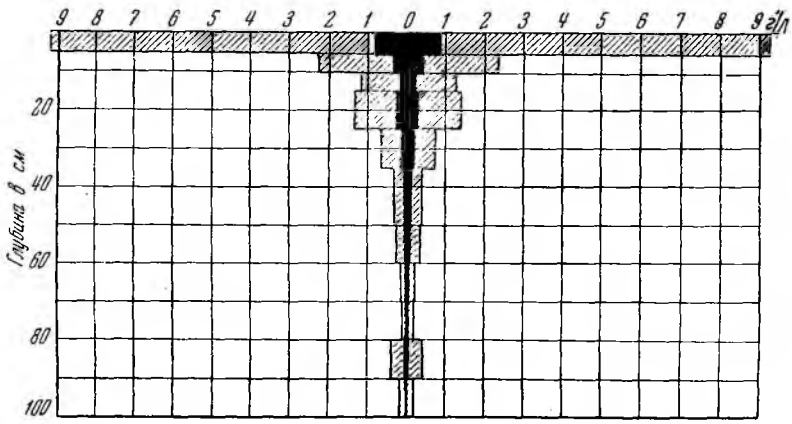
Таблица 9

Распределение абсолютно сухой массы корней злаково-разнотравной растительной группировки на темноцветной почве лощинных понижений долины р. Малый Узень

Горизонт	Глубина в см	Содержание растительных остатков на площади 1 м² в г и в % от суммы						Содержание растительных остатков в г/л (мг/см³) почвы по горизонтам и в % к верхнему слою = 100					
		живых корней		мертвых остатков		всего		живых корней		мертвых остатков		всего	
		г	%	г	%	г	%	г/л	%	г/л	%	г/л	%
A(H_1)	0—5	78.3	25.2	848.0	49.6	926.3	45.8	1.57	100.0	16.96	100.0	18.53	100.0
	5—10	36.2	11.7	194.8	11.4	231.0	11.4	0.72	45.9	3.90	23.0	4.62	24.9
	10—15	20.2	6.5	99.6	5.8	119.8	5.9	0.40	25.5	1.99	11.7	2.39	12.9
B_1(H_2)	15—25	52.1	16.8	217.9	12.7	270.0	13.4	0.52	33.1	2.18	12.9	2.70	14.6
	25—35	33.2	10.7	105.8	6.2	139.0	6.9	0.33	21.0	1.06	6.3	1.39	7.5
B_2(H_3)	35—50	31.1	10.0	75.3	4.4	106.4	5.3	0.21	13.4	0.50	2.9	0.71	3.8
	50—60	23.1	7.4	34.0	2.0	57.1	2.8	0.23	14.6	0.34	2.0	0.57	3.1
	60—70	16.3	5.2	18.7	1.1	35.0	1.7	0.16	10.2	0.19	1.1	0.35	1.9
BC(НК)	70—80	7.8	2.5	21.3	1.2	29.1	1.4	0.08	5.1	0.21	1.2	0.29	1.6
	80—90	8.2	2.6	66.8	3.9	75.0	3.7	0.08	5.1	0.67	4.0	0.75	4.0
C_1(РК)	90—100	4.4	1.4	29.2	1.7	33.6	1.7	0.04	2.5	0.29	1.7	0.33	1.8
В слое	0—100	310.9	100.0	1711.4	100.0	2022.3	100.0	0.31	276.4	1.71	166.8	2.02	176.1
»	0—50	251.1	80.9	1541.4	90.1	1792.5	88.7	0.50	238.9	3.08	156.8	3.59	163.7
»	0—25	186.8	60.2	1360.3	79.5	1547.1	76.5	0.75	204.5	5.44	147.6	6.19	152.4

систем, чем это выражено в предыдущих группировках. Об этом свидетельствует также и общий объем корневой системы в 2 м³ почвы, составляющий всего 592 см³ по сравнению с 672 см³ на солонце и 1101 см³ на солонцевато-каштановой почве в таком же объеме почвы.

В метровом слое почвы с площадью поверхности в 1 м² содержится 2.02 кг абсолютно сухих растительных остатков, по сравнению с 1.73 кг в каштаново-солонцеватой почве и 1.39 кг на столбчатом солонце в таком же объеме почвы. Из этого количества (2.02 кг) около 1.38 кг, или 68%, условно относятся к живым корням и лишь 0.64 кг, или около 32%, приходятся на долю различных мертвых растительных остатков. Вес воздушно-сухой



Фиг. 10. Распределение абсолютно сухой массы живых корней и мертвых растительных остатков злаково-разнотравной растительной группировки на темноцветной почве лощинных понижений долины р. Малый Узень в г/л почвы.

надземной массы, составляющей в среднем 0.65 кг на 1 м² поверхности почвы, почти в 3 раза меньше веса абсолютно сухих растительных остатков в 1 м³ почвы.

Вес живых корней в данной ассоциации, в отличие от предыдущей, в 2 раза выше надземной растительной массы.

4. Типчаково-ковыльная растительная группировка на тяжелосуглинистой каштановой почве сыртов

Целинный заповедный участок Краснокутской сельскохозяйственной селекционной опытной станции расположен на высокой почти ровной степи, с очень пологим склоном на юго-запад. Площадка изучена 10/VII 1938 г.

Густота травостоя 6.5—7.0.

В растительном покрове господствуют многолетние плотнокустовые и рыхлокустовые злаки: перистый ковыль — *Stipa Lessingiana* Trin. — Cop.$_3$, типчак — *Festuca sulcata* Hack. — Cop.$_3$, тырса — *Stpia cappllata* L. — Cop.$_2$ и житняк гребенчатый — *Agropyrum cristatum* (L.) Beauv.— Sp.

К этим злакам, составляющим основной фон, примешивается сравнительное редкое разнотравье, состоящее из *Artemisia austriaca* Jack. — Sp.-Gr., *Achillea millifolium* L. — Sol., *Carduus uncinatus* M. B. — Sol. и некоторых других. Местами встречаются пятна с *Aster villosus* (D. C) Benth. et Hook.

Почвенный разрез, изученный до глубины 1.5 м, характеризуется следующими чертами:

$A_0(H_0)$ 0—0.5 см. — Степной войлок, целиком состоящий из мертвых побуревших растительных остатков.

A_1(НЕ) 0.5—20 см. — Темносерый с коричневатым оттенком тяжелосуглинистый перегнойный горизонт, с неясной комковато-зернистой структурой, с примесью большого количества пыли. Сильно пронизан живыми и мертвыми корнями. Нижняя граница довольно резко выделяется по цвету.

B_2(НІ) 20—28 см. — Значительно более светлый, с ясным каштановым оттенком, плотный, сухой, тяжелосуглинистый перегнойный горизонт. Сильно пронизан корнями.

B_3(НІ) 28—40 см. — Палево-бурый, с частыми более темными перегнойными языками и потеками, крупнореховато-призматический горизонт, с частыми корнями и ходами насекомых. Вскипает по волнистой линии на глубине 34—40 см.

ВС(НК) 40—48 см. — Буровато-палевый, с более грубой призматической структурой, значительно более плотный, тяжелосуглинистый переходный горизонт, с частыми более темными перегнойными языками и потеками. Частые корни, особенно по граням структурных отдельностей.

C_1(РК) 48—88 см. — Очень плотный, буровато-палевый тяжелосуглинистый карбонатный горизонт призматическо-тумбовидной структуры. Обильная белоглазка. Частые корни, идущие, главным образом, по трещинам и граням структурных отдельностей. Кротовины.

C_2(РК) 88—124 см. — Значительно более рыхлый, свежий наощупь, буровато-палевый пористый тяжелый лёссовидный суглинок, с частой марганцевой пунктацией. Редкие тонкие корешки и кротовины.

C_1(РКG) 124—150 см и глубже. — Такого же цвета рыхлый тяжелый лёссовидный суглинок, с частыми мелкими рыхлыми друзами и жилками гипса. Влажен наощупь. Редкие, тонкие белые корешки. Редкие кротовины.

Грунтовые воды, судя по косвенным наблюдениям, залегают на глубине не менее 12—15 м.

По механическому составу, изученному одним из авторов ранее (Н. И. Саввинов, 1936), почва этого целинного участка относится к глинистым разностям с содержанием иловатых частиц (меньше 1 μ) около 40% и частиц крупнее 0.01 мм около 25%. Количество перегноя в горизонте A_1 составляет около 5%. Количество поглощенных оснований составляет 45.6%, из которых на долю иона кальция приходится 31.6%, магния — 9.3% и натрия — 4.7%, хотя, повидимому, содержание последнего иона несколько преувеличено за счет недостатка метода.

Вес надземной растительной массы, к сожалению, не определялся, но, судя по глазомерной оценке, он должен быть выше, чем у всех других вышеописанных ассоциаций.

Корневая система была изучена лишь до глубины 140 см обоймами по 25 $см^3$ с 5-кратной повторностью и монолитами до глубины 100 см. Распределение живых корней по глубинам почвы представлено в табл. 10.

Наиболее характерным отличием корневой системы ковыльно-типчаковой группировки надо считать значительно большую равномерность распределения густоты корней по генетическим горизонтам почвы, чем это было выражено в предыдущих разрезах. Наибольшая густота пронизанности почвы здесь выражена в верхнем горизонте $A_1(H_1)$ и достигает 115—136 мм/$см^3$ почвы. По мере углубления густота корневой сети очень постепенно уменьшается, достигая даже на глубине 70—80 см до 30 мм/$см^3$ почвы, в то время как в предыдущих разрезах на той же глубине густота корневой сети не превышала 7—8 мм/$см^3$ почвы.

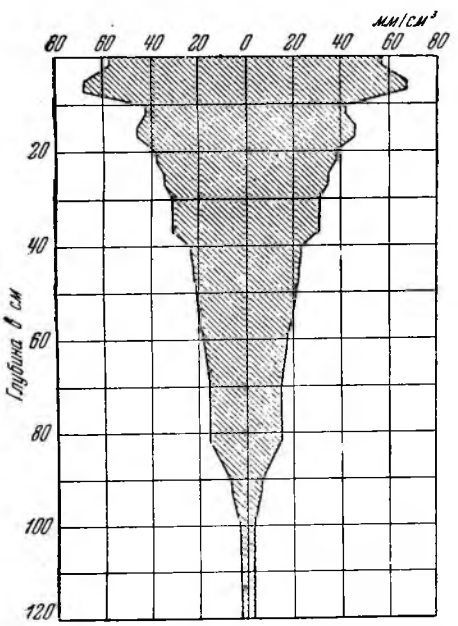
Вторые максимумы густоты пронизанности почвы корнями, как это имело место в предыдущих ассоциациях, здесь отступают. Это наглядно видно на фиг. 11. Распределение живых корней по их длине в объеме почвы на разных ее глубинах здесь больше всего приближается к вытянутому треугольнику, обращенному вершиной вниз.

Диаметр учтенных корней колеблется от 1170 до 31 μ, а средний диаметр по отдельным глубинам, вычисленный по многим промерам, колеблется от 233 до 124 μ.

Таблица 1

Длина живых корней (в мм), их средний диаметр (в μ) в 1 см³ почвы, поверхность (в см²) и объем корней (в мм³) в 1 дм³ почвы типчаково-ковыльной растительной группировки, на разных глубинах каштановой почвы сыртов Краснокутской с.-х. опытной станции

Горизонт	Глубина в см	Длина корней в мм/см³			Число промеров	Диаметр корней в μ			На 1 дм³ почвы	
		максим.	миним.	средн. *M*		максим.	миним.	среднее из всех промеров	поверхность корней в см²	объем корней в мм³
A(HE)	1—3	254.7	31.7	114.8	481	731	41	175.1	621.8	2 767.9
	5—7	172.5	112.5	136.0	395	1 171	31	232.8	978.8	5 789.7
	10—12	120.0	62.5	84.1	244	659	41	203.9	530.4	2 747.5
	15—17	136.5	69.5	91.7	260	680	41	187.5	531.8	2 532.3
B(HJ)	20—22	88.8	62.4	76.2	270	731	41	191.6	451.4	2197.3
	25—27	78.4	50.8	69.3	216	680	52	183.3	392.9	1829.0
	30—32	73.2	46.0	61.7	218	731	41	193.6	369.3	1816.5
	35—37	72.4	43.6	62.2	219	556	41	181.3	348.8	1605.9
B/C(HK)	40—42	62.8	38.0	45.6	172	402	41	175.1	247.0	1098.2
	45—47	62.8	28.8	44.7	152	618	41	191.6	264.8	1289.0
C_1(PK)	50—52	84.0	24.0	41.5	148	876	52	187.5	240.7	1146.0
	60—62	49.7	19.3	35.1	149	597	41	191.6	207.9	1012.1
	70—72	40.0	17.0	29.8	149	525	41	166.9	153.9	652.1
	80—82	47.3	14.7	30.4	138	515	52	179.2	168.4	766.8
C_2(P)	90—92	19.7	6.3	13.0	81	422	62	166.9	67.1	284.5
	100—103	13.2	2.0	6.1	77	381	41	123.6	23.3	73.2
	120—123	8.0	2.4	5.2	76	453	62	133.9	21.4	73.2
C_3(PG)	140—143	1.0	0.1	0.4	34	340	72	144.2	1.8	6.5



Фиг. 11. Длина корней в мм/см³ почвы. Типчаково - ковыльная растительная группировка на тяжелосуглинистой каштановой почве сыртов Заволжья.

Общая длина, поверхность и объем живых корней типчаково-ковыльной растительной группировки по генетическим горизонтам каштановой почвы представлены в табл. 11.

Длина живых корней в 1.4 м³ почвы (с площадью поверхности в 1 м²), составляет почти 53.5 км, а их длина в 1 м³ почвы равна 51.7 км, т. е. она является наибольшей из всех других вышеописанных целинных растительных группировок. В отношении распределения общей длины корней по генетическим горизонтам здесь наблюдается сравнительно большая равномерность и отсутствие вторых максимумов и минимумов, как это имело место в предыдущих группировках. Наибольшая густота корней в единице объема почвы здесь выражена в верхнем горизонте HE, книзу от которого происходит постепенное уменьшение этой густоты вплоть до всей исследованной глубины, т. е. до 140 см.

Таблица 11

Распределение длины живых корней (в км), их поверхности (в м²) и объема (в см³) на площади 1 м² типчаково-ковыльной растительной группировки на каштановой почве сыртов Краснокутской с.-х. опытной станции

Горизонт	Глубина в см	Длина корней			Поверхность корней			Объем корней		
			в %			в %			в %	
		в км	от верхнего слоя = 100	от суммы	в м²	от верхнего слоя = 100	от суммы	в см³	от верхнего слоя = 100	от суммы
A(HE)	0—5	5.95	100.0	11.1	3.45	100.0	11.1	166.66	100.0	11.1
	5—10	6.02	101.2	11.3	4.19	121.4	13.5	240.03	144.0	16.0
	10—15	4.32	72.6	8.1	2.66	77.1	8.6	134.40	80.6	8.9
	15—20	4.35	73.1	8.1	2.54	73.6	8.2	121.78	73.1	8.1
B(HJ)	20—25	3.71	62.4	7.0	2.17	62.9	7.0	104.26	62.6	6.9
	25—30	3.35	56.3	6.7	1.94	56.2	6.2	91.08	54.7	6.1
	30—40	5.96	100.2	11.1	3.41	98.8	11.0	160.19	96.1	10.7
BC(HK)	40—50	4.46	75.0	8.3	2.55	73.9	8.2	120.11	72.1	8.0
C_1(PK)	50—60	3.89	65.4	7.3	2.28	66.1	7.3	109.40	65.6	7.3
	60—70	3.30	55.5	6.2	1.86	53.9	6.0	86.18	51.7	5.7
	70—80	3.00	50.4	5.6	1.60	46.4	5.1	69.76	41.9	4.6
	80—90	2.34	39.3	4.4	1.27	36.8	4.1	56.22	33.7	3.7
C_2(P)	90—100	1.03	17.3	1.9	0.48	13.9	1.5	18.70	11.2	1.2
	100—125	1.40	23.5	2.6	0.55	15.9	1.8	18.27	11.0	1.2
C_3(PG)	125—140	0.38	6.4	0.7	0.16	4.6	0.5	5.80	3.5	0.4
В слое	0—140	53.46	898.5	100.0	31.11	901.7	100.0	1502.84	901.7	100.0
»	0—100	51.68	868.6	96.7	30.40	881.2	97.7	1478.77	887.3	98.4
»	0—50	38.12	640.7	71.3	22.91	664.1	73.6	1138.51	683.1	75.8
»	0—25	24.35	409.2	45.5	15.01	435.1	48.5	767.13	460.3	51.0

В полном соответствии с большой длиной корней и их сравнительно большим средним диаметром находится распределение общей поверхности и объема корней по генетическим горизонтам почвы.

Общая поверхность корней в 1.4 м³ почвы составляет 31.1 м², а в 1 м³ почвы — 30.4 м². Объем живых корней в 1.4 м³ почвы составляет почти 1.5 л, а в 1 м³ почвы — 1.48 л. Сравнивая эти величины поверхности и объема с таковыми у вышеописанных растительных группировок, можно отметить, что типчаково-ковыльная группировка на каштановой почве сыртов отличается наибольшими величинами длины, поверхности и объема живых корней по сравнению с другими изученными группировками.

Распределение абсолютно сухой массы корней по горизонтам почвы, изученной до глубины 1 м, приводится в табл. 12.

Метровая колонна почвы содержит 1.31 кг сухих растительных остатков, из которых 0.83 кг, или 63.3%, условно относятся к живым корням и 0.48 кг, или 36.7%, падает на долю мертвых растительных остатков.

К сожалению, мы не имели возможности учесть вес надземной части растительности данной растительной группировки, но, судя по глазомерной оценке, ее вес на 1 м² был также наибольшим из всех вышеописанных группировок, что вполне совпадает с данными, полученными по корневой системе этих группировок. Вес корней также отражает равномерность их распределения в почве и постепенное падение их количества от поверхности почвы в глубину, как это хорошо видно на фиг. 12.

Таблица 12

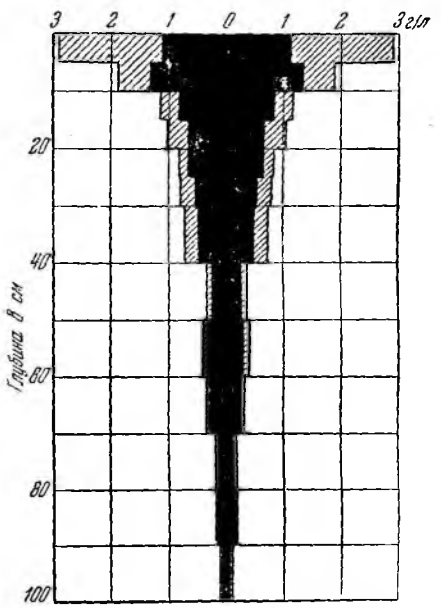
Распределение абсолютно сухой массы корней типчаково-ковыльной растительной группировки на каштановой почве сыртов Краснокутской с.-х. опытной станции

Горизонт	Глубина в см	Содержание растительных остатков в почве на площади 1 м² в г и в % от суммы						Содержание растительных остатков в г/л (мг/см³) почвы по горизонтам и в % к верхнему слою = 100					
		живых корней		мертвых остатков		всего		живых корней		мертвых остатков		всего	
		г	%	г	%	г	%	г/л	%	г/л	%	г/л	%
A(НЕ)	0—5	109.6	13.1	179.0	37.7	288.6	22.0	2.19	100.0	3.58	100.0	5.77	100.0
	5—10	133.3	16.0	54.2	11.4	187.5	14.3	2.66	121.5	1.09	30.4	3.75	65.0
	10—15	81.8	9.8	34.4	7.2	1 6.2	8.9	1.64	74.9	0.69	19.3	2.33	40.4
	15—20	63.8	7.6	38.9	8.2	102.7	7.8	1.28	58.4	0.78	21.8	2.06	35.7
B(НІ)	20—25	66.7	8.0	16.0	3.4	82.7	6.3	1.33	60.7	0.32	8.9	1.65	28.6
	25—30	53.1	6.4	26.4	5.6	79.5	6.1	1.06	48.4	0.53	14.8	1.59	27.6
	30—40	95.5	11.5	51.5	10.8	147.0	11.2	0.96	43.8	0.51	14.2	1.47	25.5
BC(НК)	40—50	49.3	5.9	19.8	4.2	69.1	5.3	0.49	22.4	0.20	5.6	0.69	12.0
C_1(РК)	50—60	61.0	7.3	17.0	3.6	78.0	6.0	0.61	27.9	0.17	4.7	0.78	13.5
	60—70	51.0	6.1	16.3	3.4	67.3	5.1	0.51	23.3	0.16	4.5	0.67	11.6
	70—80	26.9	3.2	9.0	1.9	35.9	2.7	0.27	12.3	0.09	2.5	0.36	6.2
	80—90	27.7	3.3	8.3	1.7	36.0	2.8	0.28	12.8	0.08	2.2	0.36	6.2
C_2(Р)	90—100	14.9	1.8	4.5	0.9	19.4	1.5	0.15	6.8	0.05	1.4	0.20	3.5
В слое	0—100	834.6	100.0	475.3	100.0	1309.9	100.0	0.83	613.2	0.48	230.3	1.31	375.8
»	0—50	653.1	78.3	420.2	88.5	1073.3	81.9	1.31	530.1	0.84	215.0	2.15	334.8
»	0—25	455.2	54.5	322.5	64.5	777.7	59.3	1.82	415.5	1.40	180.4	3.11	269.7

III. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В настоящее время не подлежит сомнению, что познание корневой системы природной и культурной травянистой растительности в полевых условиях имеет первостепенное значение в разработке ряда важнейших теоретических и прикладных вопросов почвоведения и агрономии.

Почва, в ее современном понимании, может быть представлена лишь как чрезвычайно сложная дисперсная биоорганоминеральная система, состоящая из четырех фаз: твердой, жидкой, газообразной и живой, система, в которой все важнейшие физические, химические и биохимические изменения и процессы протекают прежде всего вокруг корней растений и обусловливаются определенными комплексами микроорганизмов, населяющих зону их ризосферы.



Фиг. 12. Распределение абсолютно сухой массы живых корней и мертвых растительных остатков типчаково-ковыльной растительной группировки по горизонтам каштановой почвы сыртов Заволжья в г/л почвы.

Акад. В. Р. Вильямс (1914) уже давно установил положение, что сущность почвообразовательного процесса заключается в двух взаимно связанных процессах: синтезе и разрушении органического вещества в поверхностных горизонтах земной коры выветривания. Оба эти процесса составляют в совокупности малый биологический круговорот зольной и азотной пищи растений. В последнем издании курса почвоведения В. Р. Вильямс (1938) подчеркнул, что «выяснение преобладающего направления и темпа процессов, слагающих биологический круговорот, и представляет задачу первого раздела почвоведения как науки. Изучение же способов регуляции направления и темпа явлений, слагающих те же процессы, составляет задачу второго раздела почвоведения, земледелия».

Рост высших зеленых растений, проникновение их развивающейся корневой системы в поверхностные горизонты земной коры — почвы — приводит к быстрой вспышке жизни в зоне ризосферы этих растений огромного количества, исчисляемого миллиардами на 1 см^3 почвы, бесхлорофильных организмов, энергетический баланс которых тесно связан с корневыми выделениями зеленых растений. Этот процесс — накопление в почве и над ней живого, организованного органического вещества растительного и животного происхождения — представляет собой первую (восходящую) фазу биологического круговорота — фазу синтеза. Но одновременно с этим в почве и над ней непрерывно протекает вторая (нисходящая) фаза этого круговорота — фаза разрушения и минерализации всех растительных и животных остатков прежде живших и уже отмерших поколений растений и микроорганизмов, совершаемое тем же многочисленным бесхлорофильным населением почвы. В процессе этого разрушения растительных и животных остатков в почве синтезируется новое, живое, бесхлорофильное органическое вещество в виде тел микроорганизмов — бактерий, грибов, протистов и др., которое вновь разрушается и вновь синтезируется все новыми и новыми поколениями этих организмов. Живая корневая система,

по мере роста растений, все гуще и гуще пронизывает каждую единицу объема почвы и захватывает все новые и новые объемы ее, приводя к новому синтезу тел микроорганизмов в зонах ризосферы.

При этом нельзя упускать из виду, что каждая новая последующая фаза синтеза и разрушения в цикле биологического круговорота не есть повторение аналогичной предыдущей фазы, а представляет собой нечто новое, ибо она протекает уже в иных условиях, подготовленных предыдущими циклами этого круговорота. Темп и направление отдельных фаз биологического круговорота, непрерывно протекающего на новой основе, и обусловливает интенсивность и направление почвообразовательного процесса.

Таким образом, в каждый данный статический момент жизни почвы в ней неизбежно имеется, с одной стороны, значительное количество живого органического вещества растительного и животного происхождения и, с другой стороны, — бо́льшее или меньшее количество свежеотмершего, полуразрушенного и полностью разрушенного и уже потерявшего свою клеточную структуру органического вещества — перегноя, а также простых окисленных минеральных солей, непрерывно потребляемых новыми поколениями растительных и животных организмов, обитающих данную почву.

До сих пор мы еще не имеем методов точного количественного учета всех видов живого растительного и животного органического вещества, распределяющегося с определенной закономерностью по генетическим горизонтам разных почв. Между тем, разработка такой методики насущно необходима на современном этапе генетического и агрономического почвоведения. Химия почвы неизбежно должна стать физиологией почвы, как это еще в начале XX столетия правильно полагал В. Р. Вильямс (1902), и почвоведение должно действительно стать биологической наукой (С. П. Костычев, 1926). Количественное изучение распределения в почве корневых систем растений и более или менее тесно связанных с ними многочисленных групп организмов, населяющих почву, — бактерий, грибов, водорослей, протозоа, коловраток, нематод, червей, насекомых, моллюсков, различных позвоночных и др., — безусловно составит одну из важных глав будущей науки — биологии почвы.

Настоящая работа, насколько нам известно, представляет собой первую попытку более или менее полной количественной характеристики пространственного распределения корневых систем (без корневых волосков) четырех природных травянистых растительных группировок по генетическим горизонтам различных почв. Для сравнения полученных количественных характеристик этих группировок друг с другом, а также с соответствующими отрывочными наблюдениями других авторов в табл. 13 приводятся средние величины диаметра, длины, поверхности, объема и веса живых корней в метровом слое почвы с площадью поверхности в 1 м^2.

Основную количественную характеристику корневых систем четырех описанных растительных группировок, по данным табл. 13, можно свести к следующим положениям.

1. Типчаково-ковыльная группировка на каштановой почве сыртов Заволжья имеет в 1 м^3 почвы общую длину живых корней (без корневых волосков) в 51.7 км, со средним диаметром их в 183 μ, с поверхностью в 30.4 м^2, объемом около 1.5 л и весом в 0.84 кг. Вес всех сухих растительных остатков в 1 м^3 почвы составляет 1.3 кг.

2. Злаково-разнотравная группировка на темноцветной (черноземовидной) почве имеет в 1 м^3 почвы общую длину живых корней 43.3 км, со средним диаметром 133 μ, поверхностью в 17.0 м^2, объемом немного более 0.5 л и весом около 0.31 кг. Все сухие растительные остатки 1 м^3 почвы весят 2.0 кг.

Таблица 13

Средняя величина диаметра, длины, поверхности, объема и веса живых корней на площади 1 м² различных целинных растительных группировок Заволжья, на глубину 0—25, 0—50 и 0—100 см

Растительная группировка и почва	Глубина слоев в см	Диаметр в μ	Длина в км	Поверхность в м²	Объем в см³	Вес сухой массы в г		
						живых корней	мертвых растительных остатков	всего
Типчаково-ковыльная на тяжелосуглинистой каштановой почве сыртов	0—25	198	24.4	15.0	767	455	323	778
	0—50	192	38.1	22.9	1139	653	420	1073
	0—100	183	51.7	30.4	1479	835	475	1309
Злаково-разнотравная на тяжелосуглинистой темноцветной почве западин долины р. Малый Узень	0—25	117	28.3	10.3	306	187	1360	1547
	0—50	124	36.9	14.0	433	251	1541	1792
	0—100	133	43.3	17.0	549	311	1711	2022
Типчаково-пиретровая на тяжелосуглинистой солонцевато-каштановой почве долины р. Малый Узень	0—25	221	18.5	12.4	648	279	834	1113
	0—50	215	28.1	18.1	929	344	1076	1420
	0—100	208	32.1	20.8	1074	418	1317	1735
Типчаково-белополынная на тяжелосуглинистом столбчатом солонце долины р. Малый Узень	0—25	212	13.2	8.8	471	219	912	1131
	0—50	192	19.7	12.4	626	260	1097	1357
	0—100	176	21.7	13.2	652	276	1116	1392

3. Типчаково-пиретровая группировка на солонцевато-каштановой почве имеет в 1 м³ почвы 32.1 км живых корней, со средним диаметром их в 208 μ, поверхностью в 20.8 м², объемом около 1.0 л и весом 0.42 кг. Вес всех растительных остатков 1 м³ почвы составляет 1.7 кг.

4. Типчаково-белополынная группировка на столбчатом солонце содержит в 1 м³ почвы 21.7 км живых корней, со средним диаметром их 176 μ, поверхностью в 13.2 м², объемом около 0.6 л и весом около 0.28 кг. Вес всех сухих растительных остатков 1 м³ почвы составляет 1.4 кг.

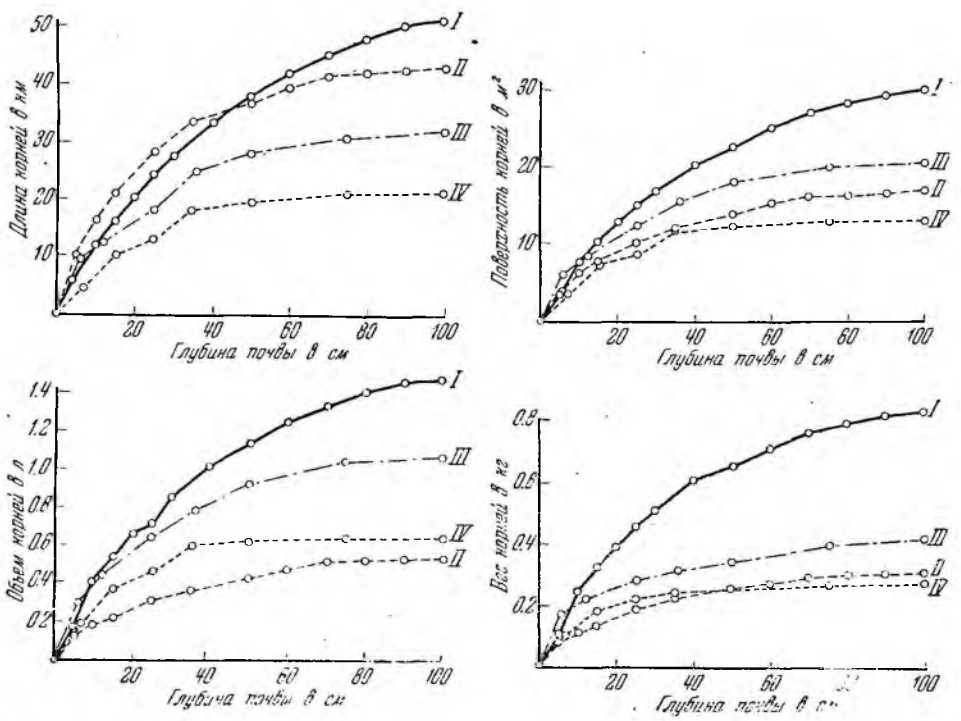
Весьма важной и общей для всех описанных травянистых растительных группировок закономерностью надо считать приуроченность главной, преобладающей, части общей длины живых корней, их поверхности, объема и веса сухой массы к поверхностным горизонтам почвы глубиной в 25 см. В этом слое у типчаково-ковыльной группировки сосредоточено немного менее 50%, а у злаково-разнотравной, типчаково-пиретровой и типчаково-белополынной группировок — свыше 50% общей длины, поверхности, объема и веса живых корней, содержащихся в метровом слое почвы. Наблюдающиеся иногда в более глубоких горизонтах разных почв вторые максимумы длины, поверхности, объема и весовой массы корней обычно всегда значительно ниже максимумов этих величин, выраженных в приповерхностном слое почвы и потому не изменяют этой общей закономерности.

Если проследить характер количественного распределения в почве всех этих показателей корневых систем описанных травянистых группировок, то можно видеть, что все они возрастают почти по однотипно з тухающим интегральным кривым, как это представлено на фиг. 13.

Быстрый подъем кривых, отражающих величину длины, поверхности, объема и веса живых корней в приповерхностных горизонтах почвы, и постепенное более или менее равномерное затухание их по мере углубления в почву необходимо считать общим свойством, присущим, повидимому, всем природным и культурным растительным группировкам. Вторые макси-

мумы этих величин, наблюдающиеся, например, у растительности столбчатого солонца и солонцевато-каштановой почвы, как это видно из фиг. 13, вносят лишь некоторые изломы в плавный ход интегральных кривых, превращая их в более или менее ломаные линии.

Такая закономерность в отношении распределения в почве весовой массы корней различных травянистых растений уже неоднократно отмечалась многими авторами [Н. А. Качинским (1925—1930), Н. В. Орловским (1929), Б. А. Чижовым (1931), М. С. Шалыт и А. А. Калмыковой (1935), А. С. Кружилиным (1934, 1936), Л. И. и Л. Л. Голодковскими (1937), А. П. Маляновым (1937) и др.].



Фиг. 13. Интегральные кривые распределения длины, поверхности, объема и веса живых корней четырех целинных растительных группировок на площади 1 м² и глубиной в 1 м (в 1 м³ почвы).

I — типчаково-ковыльная растительная группировка на каштановой почве сыртов; *II* —злаково-разнотравная растительная группировка на темноцветной почве долин; *III* — типчаково-пиретровая растительная группировка на солонцевато-каштановой почве долин; *IV*— типчаково-белополынная растительная группировка на столбчатом солонце долин.

Для деревянистой растительности такое же быстрое убывание весовой массы корней и их поверхности с глубиной почвы было показано Н. А. Качинским (1925) и позднее П. С. Погребняком (1927).

Значительно слабее изучена корневая система травянистой и деревянистой растительности в отношении распределения по горизонтам почвы общей длины корней, их поверхности и объема. В отношении этих важных показателей контакта корней с почвой в литературе можно найти лишь отдельные отрывочные указания.

А. П. Тольский (1904—1911) был, повидимому, первым русским исследователем, изучавшим длину корней (без длины мелких корешков на окончании корневых мочек) отдельных сосен разного возраста, а также послойное распределение длины деревянистых корней, встречающихся в разных типах песчаных почв Бузулукского бора.

Общая длина корней изучалась по слоям почвы в 5 см глубины на площадках в 1 м³ с трехкратной повторностью. При этом в разных типах была найдена следующая длина корней в 1 м³ почвы: бор на пологих песчаных дюнах, с полнотой насаждения в 0.5 (77 деревьев на 0.2 га) — 0.21 км, бор на высокой песчаной дюне, с полнотой насаждения 0.8—0.9 (260 деревьев на 0.2 га) — 0.42 км и сосновый лес в долине р. Боровки (8 деревьев на 0.2 га) — 0.44 км. Из этой общей длины свыше 60% ее у первого типа леса и около 50% у двух других типов оказалось приуроченным к верхним горизонтам почвы глубиной в 25 см.

Сравнение данных Тольского с вышеизложенными нашими материалами показывает, что в то время как длина корней травянистых растений достигает нескольких десятков км в 1 м³ почвы, длина корней в лесном насаждении составляет лишь доли километра в таком же объеме почвы. В то же время из работы Н. А. Качинского (1925) следует, что по весовой массе корневые системы леса значительно превосходят корневые системы всех травянистых растений.

Величину общей поверхности корней в определенном объеме почвы некоторых типов лесных насаждений УССР исследовал П. С. Погребняк (1927), а соответствующие величины для травянистых растений в основных почвенных типах УССР приводятся в работе М. С. Шалыт и А. А. Калмыковой (1935). В обеих работах поверхность корней вычислялась по их объему, определенному при помощи ксилометра или обычного мерного цилиндра, и среднему радиусу. Такая методика вычисления площади поверхности корней, как мы убедились на опыте, слишком груба и приводит к значительным ошибкам.

Измерения объема корней в воде ксилометром (или еще хуже — мерным цилиндром) дает искаженные, преувеличенные величины, благодаря наличию в густой переплетенной сети сырых корней значительной пленки воды, с одной стороны, и большого количества мелких пузырьков воздуха — с другой. Чем тоньше корни и чем больше их масса, тем бо́льшей может быть ошибка при измерении их объема и тем большие искажения при последующем вычислении их поверхности.

Ошибка в исчислении поверхности корней травянистых растений в работе Шалыт и Калмыковой усугублялась также еще тем, что авторы не выделяли отдельно живых корней и определяли вес и объем всех растительных остатков почвы, как это можно заключить по их цифровым данным, полученным для некоторых ассоциаций Государственного заповедника «Чапли» (Аскания-Нова).

Для типчаково-ковыльной ассоциации на южном черноземе в государственном заповеднике «Чапли» (Аскания-Нова) авторы приводят содержание воздушно-сухой массы корней в 1 м³ почвы равное 3002.5 г, что составляет не менее 2.5—2.7 кг абсолютно сухой массы. По нашим вышеприведенным данным, типчаково-ковыльная ассоциация на каштановой почве сыртов Заволжья имеет в 1 м³ почвы 1309.9 г абсолютно сухих растительных остатков, из которых на долю живых корней может быть отнесено лишь 834.6 г.

Для растительности столбчатого солонца в том же заповеднике авторы приводят содержание корней в 1 м³ почвы, равное 1175.8 г воздушно-сухой массы или около 1.0 кг абсолютно сухой. По нашим же исследованиям, целинная растительность солонцов Заволжья с очень близким растительным покровом имеет в 1 м³ 1391.4 г абсолютно сухих растительных остатков, но из них на долю живых корней приходится лишь 275.7 г, все же остальное относится к полуразложившимся или почти полностью истлевшим и превратившимся в мелкую труху мертвым растительным остаткам.

Зная по своим прежним работам почвы и растительность Аскания-Нова (Н. И. Савинов и В. А. Францессон, 1930) и сопоставляя их с вышеприведенными данными исследований почв и растительности Заволжья, мы полагаем, что цифровые данные Шалыта и Калмыковой по содержанию корней в почве очень сильно преувеличены, так как они относятся не к живым корням, а ко всем растительным остаткам почвы.

Между тем для почвоведения, как, впрочем, и для геоботаники, весьма важно знать, какое количество корней, их массы, объема, поверхности и длины функционирует в данное время у данного поколения растений

и какое относится или к предыдущим поколениям или же к данному поколению, но к корням отмершим и уже вступившим или находящимся на пути к общему круговороту и трансформации органического вещества в почве. В этом отношении Шалытом и Калмыковой допущена, как нам кажется, определенная методическая ошибка. Эта ошибка не умаляет ценности их работы в интересующем их отношении, ибо относительные соотношения массы корней по отдельным генетическим горизонтам почвы от этой ошибки не изменяются или изменяются очень мало. Но все же она привела авторов к ряду неверных выводов и положений, которых мы сейчас кратко коснемся.

Сильно преувеличив массу корней в 1 м³ почвы, а следовательно и их объем, авторы тем самым сильно преувеличили общую поверхность корней и совершенно исказили соотношение количеств надземной и подземной частей целинной растительности.

Так, например, для упомянутой выше типчаково-ковыльной ассоциации авторы нашли, что «общая поверхность суммы корней на площади в 1 м² до глубины 1 м, (т. е. в 1 м³ почвы) составляет 225 м²», причем отмечается, что эти данные относятся к поверхности корней, без учета корневых волосков. По нашим же данным, типчаково-ковыльная ассоциация на каштановой почве обладает общей поверхностью корней в 1 м³ почвы (также без корневых волосков) равной всего лишь 30.4 м², т. е. величине, почти в 7.5 раз меньшей.

Для растительной ассоциации столбчатого солонца авторы нашли поверхность корней в 1 м³ почвы равной 126.2 м², наши же измерения показали поверхность живых корней такой же ассоциации, равной всего лишь 13.2 м² в 1 м³ почвы, т. е. величине, почти в 10 раз меньшей (табл. 5 и 13).

Конечно, природные условия района Аскания-Нова и Заволжья различны, и они должны были оказать свое влияние на растительность и ее корневую систему. Но все же трудно принять, что только качество почвы (южный чернозем и столбчатый солонец района Аскания-Нова, с количеством осадков около 400 мм в год) привело к тому, что растительность этих почв развила в 1 м³ почвы корневую систему в 7.5—10 раз большую по площади поверхности и в 3.5—4 раза большую по весу, чем аналогичные ассоциации на каштановой почве и столбчатом солонце в районах Заволжья, с количеством осадков около 300 мм в год. Скорее надо полагать, что эти абсолютные цифровые данные авторов сильно преувеличены, вследствие отмеченных выше недостатков *применяемой ими методики.*

К этому заключению нас приводят также данные по поверхности корней в единице объема почвы, полученные A. Muntz et A. Ch. Girard (1888) еще в XIX столетии на Венсенской ферме Парижского агрономического института. Измеряя общую длину корней и их средний диаметр, т. е. применяя тот же метод, какой применяли и мы, Muntz и Girard нашли для разных культур следующие поверхности корней в 1 м³ почвы (в м²): у луговых трав — 7.58, клевера — 5.18, овса — 10.70, озимой пшеницы — 11.30 и мака — 2.17 м². По данным же Шалыт и Калмыковой (1935), аналогичные зерновые полевые культуры имеют на разных почвах поверхности корней в 1 м³ почвы значительно более высокие, а именно (в м²): озимая пшеница — 11.5—24.1, озимая рожь — 73.1, овес — 46.4 и люцерна — 70.4 м², а для поверхности корней природных луговых трав на разных почвах приводятся даже величины поверхности корней порядка 66—301 м² на 1 м³ почвы.

Касаясь соотношения веса надземной массы и корней, Шалыт и Калмыкова сообщают, что «на 1 г воздушно-сухой надземной массы растений приходится в среднем от 8 до 14 г корней и 0.6—1.0 м² корневой поверхности в типчаково-ковыльной ассоциации и еще более в типчаково-ромашниковой». Такие небывалые соотношения у читателя, знакомого с вопросом, могут вызвать лишь крайнее удивление и недоумение.

Насколько нам известно как из литературных источников, так и из результатов собственных 5-летних исследований, до сих пор еще не отмечено ни отдельных травянистых растений, ни природных или культурных травянистых ассоциаций, у которых живая подземная часть превышала бы надземную в 8—14 раз. Обычно подземная часть культурных и природных однолетних травянистых растений значительно меньше надземной части

и лишь иногда близка к ней. У многолетних же травянистых растений, в зависимости от их возраста, почвы и других условий, подземная часть их или близка к надземной или же несколько превышает ее, но это превышение, повидимому, не может быть бо́льшим, чем в два и, как максимум, в два с половиной раза.

В доказательство сошлемся хотя бы на тщательные работы Н. А. Качинского (1925) и Б. А. Чижова (1931), проведенные со многими видами однолетних и многолетних травянистых растений в полевых природных условиях, а также на многочисленные и широко известные работы, относящиеся еще к XIX столетию и проведенные в строгих условиях вегетационного опыта (водные и почвенные культуры) или в условиях полевых ящичных культур со многими однолетними и многолетними полевыми и луговыми растениями, как например: Fr. Nobbe (1872); A. Hosaeus (1872), Fr. Haberlandt (1876), Zamieson (1896) и др. Из более новых зарубежных работ укажем на исследования Kiesselbach (1910).

Наблюдения М. В. Культиасова (1925) в Средней Азии, показавшие, что корневая система ценоза весенних эфемеров (*Poa bulbosa*, *Carex Hostii* и др.) превышает травяную массу более, чем в 15 раз, также, повидимому, обязаны недостатку методики и, прежде всего, недоучету необходимости разделения растительных остатков почвы на живые корни и мертвые растительные остатки.

По всем этим соображениям интересные материалы, приведенные в работе Шалыта и Калмыковой, не могут быть приняты за достоверные в интересующем нас отношении и с этой точки зрения нуждаются в соответствующей проверке.

Интересные данные по общей длине корней и их поверхности для некоторых растений приводят в сравнительно недавно опубликованных работах американские исследователи H. J. Dittmer (1937, 1938) и T. K. Pavlychenko (1937).

В своей первой, весьма тщательной, работе Дитмер приводит результаты изучения общего количества, общей длины и поверхности корней и корневых волосков одного полного растения озимой ржи четырехмесячного возраста, выращенной в условиях вегетационного домика в сосудах (контайнерах) размером 30 × 30 × 50 см, наполненных удобренной «темной глинистой почвой».

Точными измерениями и подсчетами автор установил, что одно растение ржи в этом возрасте (перед цветением) имеет корневую систему (без корневых волосков), состоящую из 13.8 миллионов отдельных членов, т. е. корней главных и корней второго, третьего и четвертого порядка. Общая длина всех этих корней составляла 623.4 км, из которых на долю корней разных порядков приходились следующие величины: главные корни 0.07 км, вторичные — 5.4 км, третичные — 175.0 км и корни четвертого порядка, очень мелкие, но чрезвычайно многочисленные, составляли 442.8 км. Площадь поверхности всех корней (без корневых волосков) составляла 237.4 м², причем на долю главных корней приходилось 0.1 м², вторичных — 4.2 м², третичных — 70.5 м² и корней четвертого порядка — 162.5 м².

Корневые волоски в этом возрасте растения присутствовали на корнях всех порядков, и общее количество их составляло свыше 14.3 млрд., причем на главных корнях их было 3.4 млн., на вторичных — 0.2 млрд., третичных — 5.8 млрд. и корнях четвертого порядка — 8.3 млрд. Суммарная длина всех корневых волосков составляла свыше 10 000 км (6603 мили), при средней длине волосков на корнях разных категорий в 700—1000 μ. Общая поверхность корневых волосков почти вдвое превышала поверхность корней и составляла 401.9 м²; из них на долю волосков, расположенных на главных корнях, приходилось 0.2 м², на вторичных — 8.1 м², на третичных — 174.1 м² и на корнях четвертого порядка — 213.5 м².

Таким образом, суммарная длина всех подземных частей одного растения озимой ржи в возрасте 4 месяцев, по исследованиям Дитмера, составляла почти 11 250 км, а суммарная поверхность их — 638.3 м² и превышала поверхность надземных частей растений (считая внешние поверхности листьев) почти в 130 раз. Эти величины, полученные для корневой системы озимой ржи, во много раз превосходят величины, приводимые в современных курсах ботаники [Б. А. Келлер (1935); Л. И. Курсанов и М. И. Голенкин (1935) и др.] в качестве примеров возможной наибольшей длины корней у высших травянистых растений (например, большая тыква, имеющая длину корней около 25 км, и др.).

Но, как оказалось, все эти данные характерны лишь для растений, находящихся вне конкуренции с другими растениями и выросших в условиях оптимального снабжения водой и пищей. В полевых же условиях, как показали исследования Pavlychenko (1937), растения, выросшие при конкуренции с другими растениями, развивают корневую систему, достигающую по корневым показателям лишь около 1% по сравнению с корневой системой того же вида растения, но выросшего вне конкуренции. Так, корневые системы (без волосков) овсюга, пшеницы Маркиз и яровой ржи, выросших при конкуренции в полевых условиях, имели общую длину в 0.98 км, 0.87 км и 0.97 км, в то время как корневые системы тех же видов растений, выросших в поле, но вне конкуренции с другими растениями, имели длину, равную 87.8 км, 71.2 км и 79.1 км соответственно.

К этим же выводам пришел вскоре и Дитмер (1938), изучив корневую систему трех видов растений — овса, ржи и лугового мятлика — в полевых условиях.

В отличие от T. K. Pawlychenko (1937), производившего количественное изучение полной корневой системы отдельных растений специально разработанным им почвенно-монолитным отмывочным методом, Дитмер изучал количественное распределение корневых систем и корневых волосков названных выше растений в определенном объеме пахотного слоя почвы.

Почвенные образцы для извлечения (отмывки) корней брались в поле с тройной повторностью при помощи трубчатого бура диаметром 7.6 см на глубину 15.2 см. Отмытые корни вместе с корневыми волосками сохраняли в 5% растворе формалина и в дальнейшем подвергали тщательному подсчету и измерению по категориям, пользуясь бинокуляром и микроскопом с объективными микролинейками. Из подсчетов и измерений, проведенных для трех образцов, вычислялись средние величины, характеризующие корневую систему, отнесенную к данному объему почвы.[1]

В целях сравнения с нашими материалами, приведем некоторые данные автора по корням и корневым волоскам, предварительно перечислив их с английских мер в метрические на 1 дм³ почвы, глубиной в 15.2 см.

Общая длина корней в 1 л почвы составляла у овса 65.3 м, у ржи — 90.3 м и у мятлика — 553.3 м, причем у всех трех видов наблюдались главные, вторичные и третичные корни. Корней четвертого порядка, имевшихся, как отмечалось выше, у ржи, выросшей в условиях вегетационного опыта, в данном случае у всех трех видов не наблюдалось. Наибольшую длину имели здесь корни вторичные. Общая поверхность корней в 1 л почвы составляла у овса 469 см², у ржи — 729.7 см² и у мятлика — 3115 см².

Эти данные Дитмера, несмотря на то, что они с первого взгляда кажутся очень высокими, довольно близко совпадают с соответствующими величинами, полученными нами для наших четырех растительных группировок, если

[1] В этом отношении методика Дитмера весьма схожа с методикой, разработанной независимо, хотя почти и одновременно, одним из авторов настоящей статьи и применяемой уже с 1937 г. Но, вместе с тем, в некоторых деталях эти методы существенно различаются. Дитмер ограничивает изучение корневых систем растений лишь тремя образцами почвы объемом по 688.3 см³, взятых из пахотного слоя (15.2 см), так как он полагает, что «образцы из верхних слоев почвы являются вполне надежными показателями подземного развития растений в полевых условиях произрастания». С этим мнением автора ни в коей мере нельзя согласиться, так как в зависимости от вида растений, почвы, климатических и др. природных условий, распределение корневой системы сильно изменяется, как это видно из материалов, приведенных в настоящей статье, а также из многочисленных материалов советских и иностранных авторов. Корневые системы необходимо изучать по возможности на всю глубину их распространения, а не ограничиваться лишь пахотным слоем.

Существенное различие наших методик заключается также в способе взятия почвенных образцов, их объеме и количестве повторностей, способе измерения и подсчета общей длины корней и т. д. Весьма существенным и ценным нововведением Дитмера надо считать разработанный им метод учета общего количества, средних диаметров, длины и поверхности корневых волосков у корневых систем растений, выросших в полевых условиях. Этот метод, примененный автором впервые, конечно, найдет широкое распространение в дальнейших исследованиях почвоведов и геоботаников.

их рассматривать, конечно, на ту же глубину, что и Дитмер, т. е. верхние 15 см почвы. Тогда в нашем случае длина корней в 1 л почвы составит у типчаково-пиретровой группировки 105 м, у типчаково-белополынной — 70 м, у злаково-разнотравной—141 м и у типчаково-ковыльной—108 м, а поверхности этих корней будут равны 697 см², 470 см², 505 см² и 687 см² соответственно.

Из этого сравнения видно, что порядок величин, которые получил Дитмер для корней овса и ржи, весьма близок к величинам, полученным нами для целинных растительных группировок. Показатели же, полученные Дитмером для мятлика, значительно превышают полученные нами величины, но это явление вполне объясняется тем, что мятлик, как многолетний корневищевый злак, развивает особенно мощную корневую сеть, отходящую от корневищ в верхних 15 см почвы. Изученный нами другой корневищевый злак — костер безостый — *Bromus inermis* Leyss — на второй год жизни дал в пахотном слое почвы почти такие же величины длины и поверхности корней, как и величины, которые получил Дитмер для мятлика лугового. Это лишний раз убеждает нас в том, что количественное изучение корневых систем растений по измерениям их общей длины и среднего диаметра дает значительно более надежные и достоверные величины корневой поверхности, чем величины, вычисленные по измерениям объема корней и их среднего диаметра.

Интересные данные приводит Дитмер по корневым волоскам изученных им культур. Прежде всего, в противоположность мнению, утвердившемуся в старых и современных учебниках ботаники, о том, что живые функционирующие корневые волоски занимают лишь небольшую зону (около 1—2 см) близ кончиков корней, автор выяснил, что у растений в полевых условиях живые корневые волоски были рассеяны по всей поверхности всех корней изученных им трех видов растений. Лишь немногие старые и уже побуревшие корни мятлика были лишены корневых волосков.

Общее количество корневых волосков на корнях, обнаруженных в 1 л почвы, составляло (в миллионах): у овса 9.1, у ржи—18.2 и у мятлика—74.8; их общая длина была равна (в километрах): 11.6, 24.3, 73.0; соответственно и их поверхность (в м²) составляла 0.49,1.11 и 2.23. Таким образом, живые корневые волоски увеличили общую длину корневой системы овса в 178 раз, ржи—в 269 раз и мятлика—в 132 раза. Общая же корневая поверхность, благодаря корневым волоскам, увеличилась лишь в 10.6 раза у овса, в 15.2 раза у ржи и в 7.1 раза у мятлика. Эти данные вполне совпадают с положениями современных курсов ботаники, где принимается, что корневые волоски увеличивают поглощающую поверхность корней в 5—12—20 и даже 40 раз (Курсанов и Голенкин, 1935).

Если для корневых систем рассматриваемых нами природных растительных группировок принять, что корневые волоски увеличивают поверхность корней только в 7.1 раза, т. е. так же, как это найдено Дитмером для многолетнего злака — мятлика лугового, то общая всасывающая поверхность корневых систем этих группировок в 1 м³ почвы будет выражаться следующими величинами: типчаково-ковыльная группировка — 215.8 м², злаково-разнотравная — 120.7 м², типчаково-пиретровая — 147.7 м² и типчаково-белополынная — 93.7 м².

Такие огромные площади поверхности в погоне за водой и пищей развивает в 1 м³ почвы корневая система растений, произрастающих на 1 м² ее поверхности. Но ведь почва, это, по весьма меткому выражению Джетро Тулла, «пастбище растений», также должна иметь свою определенную, ограниченную площадь поверхности. Какова же поверхность 1 м³ этого «пастбища», или, иными словами, какова поверхность всех почвенных частиц такого объема почвы? Простые расчеты показывают, что поверхность частиц 1 м³ почвы в сотни тысяч раз превышает общую корневую поверхность, развитую в таком же объеме почвы. Так, например, если, по имеющимся у нас данным, принять среднюю величину максимальной гигроскопичности 1 м³ солонцевато-каштановой почвы в 8.6% и средний объемный вес ее в 1.4, то общая площадь поверхности всех почвенных ча-

стиц этого объема почвы будет равна (по Митчерлиху) около 37.8 км² или, иными словами, величине в 256 тысяч раз большей, чем суммарная корневая поверхность типчаково-ниретровой растительной группировки, найденная в этом объеме почвы.

По современным научным представлениям, ризосфера растений, т. е. некоторая зона почвы, непосредственно прилегающая к поверхности корня растения, насыщена в десятки и сотни раз большим количеством микроорганизмов, чем участки почвы, удаленные от корней. Если принять за основу это никем не оспариваемое положение, то из него логически вытекает, что распределение общего количества микроорганизмов в почве должно быть прежде всего тесно связано и в известной мере прямо пропорционально распределению в этой почве общей длины и поверхности корней. Конечно, должна наблюдаться известная связь между количеством микроорганизмов по отдельным генетическим горизонтам почвы и весовой массой корней в этих горизонтах, но эта связь должна быть менее ясно выраженной и менее пропорциональной, чем связь с поверхностью и длиной корней, так как известно, что объем корней, а следовательно и их весовая масса в единице объема почвы, пропорциональны квадрату радиуса корней ($v=\pi r^2 H$), а поверхность корней пропорциональна лишь удвоенному радиусу или диаметру их ($S=2\pi rH$). Следовательно, один и тот же объем почвы, заключающий в себе некоторое количество толстых корней с известной весовой массой их, всегда будет иметь значительно меньшую поверхность ризосферы, чем такой же объем почвы, пронизанный таким же весовым количеством, но более тонких корней. При большей же поверхности зоны контакта корней с почвой или, иначе, при большей поверхности ризосферы этот объем почвы должен быть сильнее насыщен микроорганизмами и в нем должна проявляться более интенсивная биологическая деятельность.

Всякая биологическая деятельность не может не оказать своего влияния на ту среду, где она протекает. Такое влияние должно, следовательно, сказываться и на почву, каждый кубический сантиметр которой населен тем бóльшим количеством микроорганизмов, чем бóльшей длиной корней он пронизан, чем больше поверхность этих корней, чем бóльшая зона ризосферы в этом объеме почвы. Из учения акад. В. Р. Вильямса известно, что цементом, скрепляющим отдельные механические элементы почвы в прочные водоустойчивые аггрегаты, служат перегнойные вещества, непрерывно образующиеся и разрушающиеся в почве благодаря биологической и биохимической деятельности микроорганизмов, обитающих в этой почве. Перегнойные вещества, по этому учению, представляют собой преимущественно более или менее сильно измененные и денатурализированные экзоэнзиматические продукты жизнедеятельности микроорганизмов, выделяемые ими в процессе их жизнедеятельности в окружающую их среду — почву. Так как биологическая активность микроорганизмов выражена интенсивнее всего в зоне ризосферы растений, то здесь и надо искать прежде всего разгадку того огромного положительного и многогранного воздействия, какое оказывают корневые системы многолетних трав как на создание прочной комковатой структуры, так и на создание условий плодородия почвы в целом.

Именно поэтому нашей целью была разработка метода учета общей длины и поверхности корневых систем растений в единице объема почвы, а также получение соответствующих конкретных количественных показателей, характеризующих различные типы корневых систем культурной и природной травянистой растительности. Уже первые шаги в этом направлении были горячо поддержаны акад. В. Р. Вильямсом и первые же добытые нами материалы были высоко им оценены и использованы в его последнем издании курса почвоведения для иллюстрации ряда положений травопольной системы земледелия. Такое отношение нашего учителя к этим

исследованиям, очень небольшая часть которых, относящаяся к природным растительным группировкам, изложена в настоящей статье, дает нам уверенность, что мы находимся на правильном пути к познанию процессов, управляющих условиями плодородия почвы.

В зоне ризосферы всех травянистых растений еще при их жизни аккумулируется огромная биологическая энергия, производящая определенную созидательную и разрушительную работу. Познание общих количественных и качественных свойств и закономерностей в распределении корневых систем различных однолетних и многолетних травянистых растений и группировок на разных типах почвы позволит нам мобилизовать эту биологическую энергию ризосферы, с тем, чтобы направить ее по пути требований нашего социалистического сельскохозяйственного производства.

ЛИТЕРАТУРА

Ахромейко А. И. О выделении корнями растений минеральных веществ. Изв. Акад. Наук СССР, сер. биол., № 1, 1936.

Бейдеман И. Н. К программе изучения корневых систем растений (обзор литературы). Акад. Наук СССР. Азербайдж. филиал. Тр. Ботан. инст., т. III, Баку, 1938.

Бейдеман И. Н. Материалы к изучению корневых систем эфемеретума восточно-закавказской равнины. Акад. Наук СССР. Азербайдж. филиал. Тр. Ботан. инст., т. III, Баку. 1938.

Вернадский В. И. Биогеохимическая роль алюминия и кремния в почвах. Докл. Акад. Наук СССР, т. XXI, № 3, 1938.

Вильямс В. Р. Значение органических веществ почвы. Москва, 1902.

Вильямс В. Р. Почвоведение, ч. I. Москва, 1914.

Вильямс В. Р. Почвоведение, 4-ое изд., Сельхозгиз, М., 1938.

Голодковский Л. И. и Голодковский Л. Л. Корневая система люцерны и плодородие почвы. СоюзНИХИ, Ташкент, 1937.

Исакова А. А. К вопросу о воздействии бактериориз на растение и его сущности. (Тезисы к диссертации на степень кандидата биологических наук). Акад. Наук СССР. Инст. физиол. раст. им. К. А. Тимирязева, М., 1933.

Качинский Н. А. Корневые системы растений в почвах подзолистого типа. ч. I. Тр. Моск. обл. с.-х. опытн. станции, вып. 7, М., 1925.

Качинский Н. А. Изучение физических свойств и корневых систем растений при территориальных почвенных исследованиях. Программа и методика работ. Сельхозгиз, М., 1930.

Келлер Б. А. Ботаника. Сельхозгиз. М.—Л., 1935.

Костычев С. П., Шелоумова А. и Шульгина О. Микробиологическая характеристика южных почв. Тр. отд. с.-х. микробиологии, Л., 1926.

Красильников Н. А. Очаговое распространение микроорганизмов в почве. Изд. Акад. Наук СССР, сер. биол. № 1, 1936.

Красильников Н. А., Крисс А. Е. и Ливанов М. А. Микробиологическая характеристика ризосферы культурных растений (пшеница, кукуруза, подсолнечник и соя). Микробиология, т. V, вып. I, 1936.

Красильников Н. А. и Крисс А. Е. Влияние корневой системы на микроорганизмы почвы. Микробиология, т. V, вып. 2, 1936.

Красильников Н. А. Влияние почвенных бактерий на рост пшеницы. Микробиология, т. VIII, вып. 5, 1936.

Кружилин А. С. Влияние орошения на развитие корневой системы яровой пшеницы. Соц. зерн. хоз., № 4, 1934.

Кружилин А. С. Развитие корневой системы кукурузы при орошении. Соц. зерн. хоз., № 6, 1934.

Кружилин А. С. Корневая система яровой пшеницы при орошении в Заволжье. ВАСХНИЛ, Москва, 1936.

Культиасов М. Б. Материалы по изучению испарения и корневой системы сообщества весенних эфемеров. Бюлл. Ср.-Аз. гос. унив., вып. 10. 1925.

Курсанов Л. И. и Голенкин М. И. Курс ботаники. Учпедгиз, М., 1935.

Малянов А. П. Физические свойства почв и корневые системы растений Башкирии в пределах юго-западного Приуралья. Уч. зап. Моск. гос. унив., т. XII, 1937.

Минина Е. С. К вопросу о кислотности корневых выделений. Изв. Биол. научно-исслед. инст. при Пермском унив., т. 5, вып. 6, Пермь, 1927.

Образцова А. А. Микроорганизмы ризосферы в батумских красноземах. Изв. Акад. Наук СССР, сер. биолог., № 1, 1936.

Орловский Н. В. Корневые системы в каштановой зоне в связи с влиянием орошения. Отчет Уральск. опытн. станции за 1928 г., Уральск, 1929.
Погребняк П. С. Корінева система лісу и грунтови горизонти. Тр. з лісової досл. справи. Вип. VIII. Харьків, 1927.
Сабинин Д. А. и Минина Е. Г. О влиянии высшего растения на микрофлору почвы. Химизация соц. земледелия, № 6, 1932.
Саввинов Н. И. и Францессон В. А. Материалы к познанию почв и лёссовой толщи степи государственного заповедника «Чапли» (б. Аскания-Нова). Труди науково-дослідної катедри грунтознавства, т. 1, Харьків, 1930.
Саввинов Н. И. Влияние многолетних трав и некоторых агротехнических приемов на прочность структуры почв в разных зонах. Сборник «Физика почв СССР», Сельхозгиз, М., 1936.
Советкина М. М. Наблюдения над эфемерной растительностью в Голодной степи. Очерки по фито-патол. и геогр. Сельхозгиз.
Соколовский О. Н. До питання про раціональну номенклатуру генетичних поземів в грунтах. Тр. н.-д. катедри грунтознавства, т. I, Харьків, 1930.
Тольский А. П. К вопросу о влиянии типа почв на строение корней сосны Тр. оп. леснич. вып. 2, СПб., 1904.
Тольский А. П. Материалы по изучению формы и развития корней сосны и других древесных пород. Тр. оп. леснич., вып. 3, СПб., 1905.
Тольский А. П. Материалы по изучению строения и развития корней у отдельных сосен и в насаждениях Бузулукского бора. Тр. по лесн. опытному делу в России, вып. XXXII, СПб., 1911.
Чижов Б. А. Особенности развития и распределения корневых систем культурных растений в темнокаштановой и солонцовой почве. Тр. инст. засухи, т. I, вып. 2, Саратов, 1931.
Шалыт М. С. и Калмыкова А. А. Корневая система растений в основных почвенных типах Украины. Ботан. журн. СССР, т. 20, № 4, 1935.
Cannon W. A. Root habits of desert plants. Cornegy Inst. Publ., № 131, 1911.
Cottrell H. M. Growing alfalfa in Kansas. Kansas Agr. Exp. Sta. Bull. 114, 61—62, 1902.
Dittmer H. I. A quantitative study of the roots and root hairs of a winter rye plant (Secale cereale). Amer. Journ. of Botany, v. 24. 7, 1937.
Dittmer H. I. A quantitative study of the subterrenean members of three field grasses. Amer. Journ. of Botany, v. 25, 9, 1938.
Haberlandt Fr. Das Gewichtverhältniss zwischen den Wurzeln und den obererdischen Pflanzentheilen. Biedermann's Centrallblatt für Agrikulturchemie und rattionellen Landwirtschaft-Betriebe. Bd. IX, 1876.
Headden W. R. Alfalfa. Colorado Agr. Exp. Sta. Bull. 35, 1896.
Hiltner L. Arbeiten der D. Landw. Ges., H. 98, 1904.
Hosaeus A. Ueber das Verhältniss der Wurzeln zu den obererdischen Pflanzenorganen. Neue landw. Zeitung, Bd. 29, 1872.
Kiesselbach T. A. Transpiration experiments with the corn plant. Nebraska Exp. Sta, 24th Ann. Rep. 125—139, 1910.
Maze. Annales de l'Institute Pasteur. T. 25, 1911.
Muntz A. et Girard A. Ch. Les engrais. T. 1, Paris, 1888.
Nobbe Fr. Zur Kenntniss der Bewurzellung der Grässer. Die Landwirtschaftliche Wersuchs-Stationen. Bd. XV, 1872.
Pavlychenko T. K. Quantitative studies of the entire root systems of weed and crop plants under field conditions. Ecology, v. 18, 62—79, 1937.
Pavlychenko T. K. The soil-block washing metod in quantitative root study. Canad. J. Res. v. 15. 2 (Section C), 33—57, 1937.
Starkey R. L. Some influences on the development of higher plants upon the microorganismus in the soil. I. II. III — Soil Sci. 27, 1929, IV — Soil Sci, v. 32. 1931.
Thom Ch. and Humfeld H. Notes of the association of microorganisms and roots. Soil. Sci, v. 34, № 1, 1932.
Weaver I. E. The ecological relations of roots. Corn. Inst. Publ. № 286, 1919.
Wilson I. K. and Lyon T. L. The growth of certain microorganisms in planted and in unrlanted soil. Cornell Univ. Agric. Exp. Sta. Memoire, 103, 1926.
Zamieson. Etude sur les racines de quelques plantes des prairies. Ann. agron. № 6, 1896.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

СБОРНИК ПАМЯТИ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

Н. А. ДОРОХОВА

ПОЧВЕННО-АГРОНОМИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ НКЗ СССР
ИМ. АКАД В. Р. ВИЛЬЯМСА

ВЛИЯНИЕ ГРИБОВ РИЗОСФЕРЫ НА ОБРАЗОВАНИЕ ПРОЧНЫХ АГГРЕГАТОВ ПОЧВЫ

Широко известными работами Вольни, Вильямса, Гедройца, Рэсселя и многих других крупных ученых установлено, что прочная структура почвы есть один из главных факторов плодородия, обусловливающих водный, воздушный и питательный режим почвы. Однако почвенная структура при длительной культуре однолетних растений разрушается вследствие ряда причин механического, физикохимического и биологического порядков. Поэтому восстановление прочной структуры является делом большой государственной важности.

Из работ акад. В. Р. Вильямса известно, что главными структурообразователями почвы служат многолетние травы, которые сложной сетью ежегодно отмирающих корней разбивают массу почвы на структурные отдельности — комки различной величины. Далее эти комки, вследствие пропитывания их свежеобразованным перегноем и последующего свертывания его электролитами (главным образом, Ca), приобретают свойство прочности. Эти данные подтверждаются работами Павлова (1930), Саввинова (1935, 1936), Ростовцевой и Аваевой (1935), Канивца с сотрудниками (1936, 1938) и многих других авторов, выяснивших, что для придания прочности почвенной структуре необходимо наличие коллоидов почвы (коллоидных частиц глины, гидратов окиси железа, алюминия и др.), активных форм перегноя, образующего цемент, скрепляющий отдельные механические элементы почвы друг с другом и коагуляторов этого цемента $Ca^{\cdot\cdot}$ и $Mg^{\cdot\cdot}$.

Как известно, начиная с работ П. А. Костычева (1889, 1890), многочисленными последующими исследованиями Трусова (1917), Ваксмана (1937), Тюрина (1937), Вильямса (1927, 1938), Гельцер (1940) и др. доказано исключительное значение грибов и микробов в процессе образования перегноя почв, и тем самым в создании водоустойчивых аггрегатов почвы.

Вместе с тем работами Гильтнера (1904), продолженными исследованиями Рокицкой, Стоклаза (1926), Старкея (Starkey, 1931), Исаковой и Климовой (1937), Образцовой (1937), Красильникова (1938, 1939) и многих других авторов, установлено огромное значение микроорганизмов ризосферы растений в процессах питания растений и в изменении ряда важных свойств почвы.

Многочисленные работы, трактующие о большом значении бактерий и грибов ризосферы для повышения урожайности сельскохозяйственных культур и общего плодородия почвы, заставили нас заняться выяснением влияния ризосферных грибов некоторых многолетних трав на рост растений и на образование водоустойчивых аггрегатов почвы.

Целью настоящей работы является выявление из грибов ризосферы организмов, благоприятно влияющих на сельскохозяйственные растения, улучшающих физические свойства почвы.

В литературе имелись указания Ваксмана (1937) на способность свободно живущих в почве грибов улучшать структуру почвы, а также непосредственные экспериментальные данные Ваксмана и Мартини (1939) относительно способности грибов *Rhizopus nigricans*, *Trichoderma koningi*, *Trichoderma* + *Penicillium*, *Aspergillus niger* и бактерии *Azotobacter indicum*, обычно встречаемых в ризосфере, склеивать частицы смеси глины с песком в прочные аггрегаты. Работы Канивца (1938), Канивца и Корнеевой (1936) и Корнеевой (1937) также устанавливали усиление структурообразования при заражении почвы, удобренной органическими веществами, грибами *Trichoderma lignorum* и *Aspergillus niger*.

Вместе с тем имелись указания Тернец [1] на то, что *Penicillium glaucum* и *Aspergillus niger* являются фиксаторами азота и, следовательно, могут быть полезны и в этом отношении.

В связи с поставленной задачей работа была распределена на три этапа.

I. Выделение грибов с поверхности и из внутренних тканей корней клевера красного (*Trifolium pratense* L.), тимофеевки луговой (*Phleum pratense* L.) и житняка ширококолосого (*Agropyrum cristatum* (L.) Beauv.).

II. Определение влияния этих грибов на энергию прорастания семян и рост молодых растений ржи, пшеницы и ячменя с целью выявить явных паразитов.

III. Определение влияния грибов ризосферы, встречающихся наиболее часто и явно не угнетающих, а иногда и стимулирующих рост проростков ржи, пшеницы и ячменя, на образование водоустойчивых аггрегатов почвы.

В этом порядке мы и изложим добытые материалы.

I

Выделение грибов велось на кислое агаризованное сусло с pH=6.0—6.2 и на среду Райнер, приведенную в работе Мелина (1936), следующего состава: KNO_3 — 0.5 г, $MgSO_4 7H_2O$ — 0.2 г, $CaSO_4$ — 0.25 г, $CaHPO_4$ — 0.25 г. NaCl — 0.25 г, $FeCl_3$ — следы, глюкоза — 1 г, пептон — 1 г, агар-агар 12 г на 1000 см³ дестиллированной воды. К среде обычно добавлялся биос корней растения-хозяина, извлеченный кипячением корней в воде в течение 10 минут.

С поверхности корней тимофеевки на среду Райнер были выделены грибы, представленные в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что на корнях растений тимофеевки, развившихся на песчаной почве, видовой состав грибов оказался богаче, чем на корнях, взятых с суглинистой почвы. Интересно отметить, что на 100% корней из песчаной почвы имелся гриб *Tieghemella spinosa*, в то время как на корнях из суглинистой почвы он отсутствовал. При выведении грибов на ту же среду с корней тимофеевки, выросшей на песчаной, сильно унавоженной дерново-подзолистой почве (Коренево, Московской области), были обнаружены следующие грибы:

Mucor intermedius	3	колонии
Rhizopus arrhizus	6	»
Fusarium секции *Gibbosum*	2	»
Fusarium » *Elegans*	9	»
Fusarium culmorum	1	»
Trichoderma lignorum	4	»

Отсюда видно, что грибной состав ризосферы тимофеевки луговой с различных почв различен.

[1] Цитировано по Сухову (1914).

Таблица 1

Грибы, выделенные с молодых корней растений тимофеевки луговой в стадии кущения, росших на песчаной и суглинистой дерново-подзолистых почвах Московской области

Название грибов	Число колоний грибов, выделенных с растений, развившихся на почве	
	песчаной с 25 корней	суглинистой с 14 корней
Mucor intermedius	6	5
Mucor erectus	3	1
Tieghemella spinosa	25	—
Fusarium секции *Gibbosum*	5	6
Fusarium scipi секции *Gibbosum*	1	—
Fusarium » *Elegans*	2	—
Fusariym » *Martiella*	6	2
Penicillium glaucum	2	—

Для сравнения грибной флоры молодых и старых корней одних и тех же двухгодичных растений тимофеевки с суглинистой дерново-подзолистой почвы учхоза Степаньково, Шаховского района, Московской области, ее выделяли на среду Райнер.

При этом получены результаты, представленные в табл. 2.

Таблица 2

Грибы, выделенные с молодых и старых корней тимофеевки луговой с суглинистой дерново-подзолистой почвы

Название грибов	Число грибных колоний, выделенных с корней	
	молодых	старых
Mucor intermedius	1	18
Rhizopus arrhizus	1	—
Rhizopus nodosus	—	4
Fusarium секции *Gibbosum*	11	3
Fusarium » *Elegans*	12	2
Fusarium » *Martiella*	7	—
Fusarium culmorum	1	1
Fusarium solani	1	—
Trichoderma lignorum	—	1
Verticillium albo-atrum	2	—

Специфичности в грибной флоре старых и молодых корней не обнаружено. Интересно лишь отметить наличие мукоровых грибов в отмерших периферических клетках старых корней тимофеевки.

Далее исследовалась грибная флора 15—20-дневных растений красного клевера и тимофеевки луговой из смеси клевера с тимофеевкой, высеянной на неудобренной и удобренной навозом и фосфоритом той же почве учхоза Степаньково. Корни, отмытые в стерильной воде, раскладывали на кислое агаризованное сусло (pH = 6.0 — 6.2). Исследовали по 10 растений из каждого варианта. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

Грибы, выделенные с корней клевера и тимофеевки с дерново-подзолистой суглинистой почвы

Название грибов	Число колоний грибов, выделенных с корней			
	клевера		тимофеевки	
	не получившего удобрения	удобренного навозом и фосфоритом	не получившей удобрения	удобренной навозом и фосфоритом
Mucor intermedius	13	8	2	9
Mortierella isabellina	—	2	1	1
Rhizopus nigricans	—	—	—	5
Fusarium	36	42	23	31
Monilia	—	4	—	—
Trichoderma lignorum	13	—	—	2
Penicillium glaucum	123	268	62	62

Из табл. 3 видно, что на корнях клевера и тимофеевки, взятых с поля из травосмеси 1-го года, развивается чрезвычайно однородная грибная флора, мало различающаяся как по видовому, так и количественному составу. Исключение можно было отметить только для *Penicillium glaucum*, который дал на корнях клевера, не получившего удобрения в два раза, а на корнях клевера, получившего удобрение, в 4 раза больше колоний по сравнению с корнями тимофеевки, выросшими в тех же условиях. Аналогичная картина была получена при раскладывании корней клевера и тимофеевки из той же травосмеси на кислое агаризованное сусло после отряхивания корней от земли.

Параллельно было интересно проследить соотношение грибов на корнях других злаковых и бобовых растений, выросших на той же почве Степаньково. Для этого брали корни 20-дневных растений вики и овса из вико-овсяной смеси, промывали их в стерильной воде и раскладывали на кислое агаризованное сусло. Всего брали по десять растений, причем от каждого растения отрезали по десять отрезков корней. Результаты опыта представлены в табл. 4.

Таблица 4

Количество колоний грибов, выросших с корней вики и овса вико-овсяной смеси, взятой с суглинистой дерново-подзолистой почвы

Название грибов	Число колоний грибов, выделенных с корней			
	вики		овса	
	не получившей удобрения	удобренной навозом и фосфоритом	не получившего удобрения	удобренного навозом и фосфоритом
Mucor intermedius	24	20	66	48
Mortierella isabellina	4	—	2	16
Fusarium	28	8	32	54
Trichoderma lignorum	1	34	2	8
Penicillium glaucum	235	248	81	117

В этом опыте также отмечается более сильное рзвитие *Penicillium glaucum* на поверхности корней бобовых растений по сравнению со злаковыми.

Далее сопоставляли грибную флору на молодых и трехлетних корнях клевера, взятых также в учхозе Степаньково. Исследовано восемь растений, причем с каждого растения взяли по двадцать отрезков молодых и старых корней. Результаты представлены в табл. 5.

Таблица 5

Количество грибных колоний, выросших с молодых и трехлетних корней клевера, взятых с суглинистой дерново-подзолистой почвы

Название грибов	Число колоний грибов, выделенных со 160 отрезков	
	молодых корней	старых корней
Mucor intermedius	16	35
Rhizopus nodosus	1	8
Zygorrhynchus Moelleri	15	14
Fusarium	115	78
Trichoderma lignorum	79	137
Penicillium glaucum	117	109
Aspergillus niger	1	—

Из табл. 5 видно, что качественный состав грибов на молодых и старых корнях клевера однороден. Что же касается количественного состава, то на молодых корнях чаще, чем на старых, встречались *Penicillium* и *Fusarium*, а на старых корнях чаще, чем на молодых, встречались *Mucor* и *Trichoderma*. Характерно то, что *Aspergillus niger*, обычный для южных и юго-восточных почв Союза, из московских почв выделялся в единичных случаях.

После протравливания корней клевера и тимофеевки раствором сулемы (1 : 1000) из внутренних тканей молодых корней клевера и тимофеевки, грибы, как правило, не вырастали, а если в единичных случаях и появлялись, то это были колонии *Fusarium* и *Rhizopus arrhizus*. Из внутренних тканей старых корней клевера и тимофеевки вырастали *Fusarium*, *Trichoderma lignorum*, *Penicillium glaucum* и *Mucor intermedius*, причем названные грибы чаще находились в периферических отмерших клетках-корней.

При выделении на агаризованное сусло грибов с поверхности и из внутренних тканей 30 молодых и 30 старых корней одних и тех же растений — житняка широколистого, взятых в питомнике акад. В. Р. Вильямса при кафедре почвоведения ТСХА (дерново-подзолистая почва), промытых только в стерильной воде и протравленных в растворе сулемы (1 : 1000), были обнаружены грибы, представленные в табл. 6 (см. стр. 224).

Из табл. 6 видно, что качественный состав грибной флоры на молодых и старых корнях житняка различается слабо: в основном это были те же грибы, что и у рассмотренных выше растений; исключение представлял черный септированный стерильный мицелий, встречавшийся при просмотре под микроскопом как на поверхности, так и в коровой паренхиме большинства корней житняка. Из внутренних тканей выделялись также *Fusarium* и *Penicillium glaucum*.

Таблица 6

Грибы, выделенные с молодых и старых корней житняка ширококолосого, взятого с суглинистой дерново-подзолистой почвы ТСХА

Название грибов	Число колоний, выделенных с корней			
	молодых промытых		старых промытых	
	водой	сулемой и водой	водой	сулемой и водой
Mucor intermedius	12	—	17	—
Rhizopus nigricans	—	—	4	—
Fusarium	16	1	20	4
Trichoderma lignorum	5	—	7	—
Penicillium glaucum	3	1	1	—
Aspergillus niger	—	—	1	—
Monilia	—	—	1	—
Черный стерильный септированный мицелий	—	—	1	5

II

Для того чтобы выявить организмы, положительно воздействующие на культурные растения, мы исследовали влияние грибов, выделенных из ризосферы тимофеевки луговой, клевера красного и житняка ширококолосого, на рост молодых растений ржи сорта Вятка, пшеницы сорта Гордеиформе 189 и ячменя сорта Винер. Исследование проводилось по методу Генри (1924), заключавшемуся в том, что в пробирки со стерильной, агаризованной средой Гельригеля высевали только что наклюнувшиеся семена, предварительно простерилизованные раствором формалина (1 : 300). Одновременно с посевом велось заражение проростков грибами, влияние которых учитывалось сравнением инфецированных растений с контрольными, выращенными в асептических условиях.

Всего было испытано влияние 20 штаммов грибов, выделенных с корней тимофеевки, 13 штаммов, выделенных с поверхности, и 6 штаммов — из внутренних тканей корней клевера красного, а также 9 штаммов с поверхности и 5 штаммов из внутренних тканей корней житняка ширококолосого на рост молодых растений (15—27 дней) ржи, пшеницы и ячменя.

Кроме того, было исследовано влияние 9 штаммов грибов с корней тимофеевки на всхожесть семян этого же вида растений, а также влияние 3 штаммов с корней тимофеевки, 4 штаммов с корней красного клевера и 4 штаммов с корней житняка ширококолосого на всхожесть семян ржи, пшеницы и ячменя.

Все опыты проводились в четырех повторностях.

Не приводя здесь обширного и потому громоздкого цифрового материала, сообщим лишь полученные из него основные выводы.

1. В ризосфере тимофеевки, клевера и житняка скопляются не только грибы, влияющие положительно, но и грибы-паразиты. Это подтверждают работы Леоньяна (1935) и Дороховой (1940), показавшие стимуляцию роста паразитных грибов под влиянием корневых выделений злаков. Грибы, показавшие положительное воздействие на сельскохозяйственные растения в условиях пробирочной культуры, на агаризованной среде Гельригеля за 14—23 дня не проявили себя паразитами, но как они влияют на растения при более длительной культуре, нами не исследовалось.

2. Положительно проявили себя по отношению ко всем трем растениям следующие штаммы грибов: *Thieghemella spinosa* 13 и *Trichoderma lignorum* 1а и 4а, отвитые с корней тимофеевки; *Mucor intermedius* 1, *Mortierella isabellina* 3, *Zygorrhynchus Moelleri* 7, *Penicillium glaucum* 2 и 23 и *Aspergillus niger* 12, отвитые с корней клевера, а также *Mucor intermedius* 14, *Fusarium* 1, *Penicillium glaucum* 4 и черный септированный стерильный мицелий 6, отвитые с корней житняка.

3. Отрицательно влияли на рост всех трех растений следующие штаммы грибов: *Rhizopus arrhizus* 11, *Fusarium* секции *Gibbosum* 4 и 32, *Fusarium culmorum* 41, *Fusarium* секции *Elegans* 6б, *Verticillium alboatrum* 26, выделенный с корней тимофеевки луговой, *Fusarium* секции *Gibbosum* 16, выделенный с корней клевера красного, и *Penicillium glaucum* 18, выделенный с корней житняка ширококолосого.

4. Штаммы грибов *Mucor intermedius* 22, *Mucor erectus* 2, *Rhizopus nodosus* 48, *Fusarium* секции *Gibbosum* 15, 18, 21, 29 и 42, *Fusarium scipi* 5а, *Fusarium* секции *Mortierella* 16, *Penicillium glaucum* 5б, выделенные с корней тимофеевки, *Mucor intermedius* 17, *Mortierella isabellina* 20, *Zigorrhynchus Moelleri* 9, *Trichoderma lignorum* 3 и 4, *Penicillium glaucum* 6, 13 и 21, выделенные с корней клевера красного и *Rhizopus nigricans* 13, *Trichoderma lignorum* 15, *Penicillium glaucum* 10, *Aspergillus niger* 19 и черный септированный стерильный мицелий влияют различно на всходы испытанных растений, стимулируя одни и угнетая другие. При этом отмечено, что различные штаммы одного и того же вида гриба (как, например, *Penicillium glaucum*, *Trichoderma lignorum* и некоторые другие) неодинаково влияют на рост всходов одного и того же растения: одни штаммы стимулируют рост, а другие — угнетают.

5. При сопоставлении влияния 53 штаммов грибов на молодые растения ржи, пшеницы и ячменя оказалось, что положительно влияли на рост ржи 24 штамма, на рост ячменя — 32 штамма и на рост пшеницы — 34 штамма.

6. Исследованные грибы ризосферы тимофеевки, клевера и житняка, благоприятствующие росту молодых злаковых растений, почти не влияют ни на всхожесть, ни на энергию прорастания семян ржи сорта Вятка, пшеницы сорта Гордеиформе 189 и ячменя сорта Винер и, наоборот, стимулируют энергию прорастания семян пшеницы сорта Гордеиформе 10, особенно сильно в первые два дня. Позже процент взошедших семян выравнивается.

7. Всхожесть семян тимофеевки луговой уменьшается на 7—15% при заражении грибами *Fusarium* секции *Gibbosum* и на 38% при заражении грибом *Trichoderma lignorum*. Последняя, окружая обильной грибницей медленно прорастающие семена, а также медленно развивающиеся ростки, вызывала их загнивание. Все остальные грибы несколько повышали энергию прорастания семян тимофеевки.

III

В последнем разделе работы проведено исследование влияния грибов *Trichoderma lignorum*, *Mucor intermedius*, *Mortierella isabellina*, *Zygorrhynchus Moelleri* и *Penicillium glaucum* на образование водоустойчивых макроагрегатов почвы.

Для работы был взят пахотный слой суглинистой дерново-подзолистой почвы из совхоза Степаньково, Шаховского района, Московской области. Почву предварительно растирали, просеивали через сито в 2 мм, набивали в стаканы, которые затем закрывали ватой, и стерилизовали в текучем пару в течение 3—4 дней по одному часу. Поливали ежедневно стерильной водой по весу до 60% полной влагоемкости. Опыты производили без внесе-

ния минеральных и органических удобрений, чтобы выяснить возможность развития грибов и проявления ими цементирующей способности в данной почве за счет имеющихся там питательных веществ и корневых выделений растений. Грибы вносили в почву в виде приготовленной асептически водной взвеси спор и мицелия грибов. Нерасчлененный комплекс микроорганизмов бактериоризы приготовляли промыванием в стерильной воде корней ячменя, находившегося в стадии кущения, и вносили в почву одновременно с грибами во время посева ячменя или несколько позже, после развития грибов.

По окончании опытов производили макроаггрегатный анализ почвы методом Саввинова (1931).

В первой постановке мы исследовали влияние гриба *Trichoderma lignorum* и микроорганизмов бактериоризы ячменя на образование водопрочных макроаггрегатов в простерилизованной почве, оставленной без растений и засеянной ячменем из расчета 3 семени на 2 см². Заражение грибом и микроорганизмами бактериоризы велось одновременно с посевом ячменя. Опыт продолжался 22 дня. Данные макроаггрегатного анализа этих почв представлены в табл. 7.

Таблица 7

Процент прочных макроаггрегатов суглинистой дерново-подзолистой почвы после 22 дней роста ячменя, Trichoderma lignorum и микроорганизмов бактериоризы ячменя

Фракции аггрегатов в мм	Почва без растения			Почва, засеянная ячменем			
		зараженная			зараженная		
	контрольная	*Trichoderma lignorum*	микроорганизмами бактериоризы	контрольная	*Trichoderma lignorum*	микроорганизмами бактериоризы	*Trichoderma lignorum* и микроорганизмами бактериоризы[1]
3	4.08	1.86	3.10	5.02	9.04	2.90	2.56
3—1	40.54	51.60	42.30	43.10	46.48	37.64	47.60
1—0.5	11.86	13.04	16.16	12.50	12.92	21.64	7.46
0.5—0.25	4.86	4.34	5.88	4.34	4.32	6.68	4.34
% аггрегатов > 0.25	61.34	70.84	67.44	64.96	72.76	68.86	61.96
% » > 1	44.62	53.46	45.40	48.12	55.52	40.54	50.16

Из данных табл. 7 следует, что в результате внесения *Trichoderma lignorum* за 22 дня количество прочных макроаггрегатов повысилось на 9.5% при заражении почвы в отсутствии растений ячменя по сравнению с контрольной почвой и на 7.8% при заражении почвы, засеянной ячменем, по сравнению с почвой из-под контрольных растений. При этом улучшение структуры шло, главным образом, за счет увеличения количества аггрегатов крупнее 1 мм в диаметре.

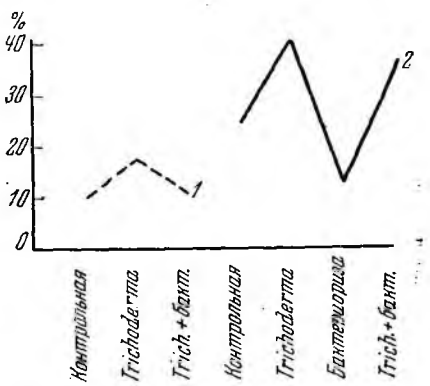
Надо отметить, что в настоящем опыте *Trichoderma lignorum* не могла проявить себя в полной мере из-за недостатка органического, а, возможно, и минерального питания, так как на почве, засеянной ячменем, несмотря на наличие корневых выделений, она проявила себя несколько слабее, чем на почве без растений. Из работы Каширца и Корнеевой (1936) известно, что *Trichoderma lignorum* улучшала структуру почвы тем сильнее, чем

[1] Растения на почве, зараженной микроорганизмами бактериоризы, страдали от гриба *Fusarium*.

более разрушала целлюлозы, внесенной в форме соломенной резки; внесение же целлюлозы без заражения ее грибом приводило к снижению прочности структуры.

Заражение почвы микроорганизмами бактериоризы ячменя дало худший результат по сравнению с *Trichoderma lignorum*. Культура ячменя тоже не дала заметного улучшения структуры из-за кратковременности эксперимента.

Второй опыт ставили по той же схеме, но в асептических условиях, и он продолжался 115 дней. Ячмень высевали из расчета по 1 семени на 4 см² поверхности почвы. Посев ячменя и заражение грибом и микроорганизмами бактериоризы ячменя проводили одновременно, за исключением случаев двойной инфекции, когда внесение микроорганизмов бактериоризы проводилось через 1.5 месяца после заражения грибом. Анализировали глыбки величиной в 10—20 мм, взятые с глубины 0.5 см. Результаты макроаггрегатного анализа почв представлены в табл. 8 и на фиг. 1.



Фиг. 1. Диаграмма влияния растений ячменя *Trichoderma lignorum* и микроорганизмов бактериоризы ячменя на образование прочных аггрегатов крупнее 5 мм:

1 — почва без растений; *2* — почва, засеянная ячменем.

Из данных табл. 8 следует, что при внесении *Trichoderma lignorum* в условиях предварительного распыления почвы и отсутствия удобрения количество аггрегатов крупнее 0.25 мм увеличилось на 8—9% в почве, не засеянной растениями; в почве же, засеянной ячменем, прибавка была еще меньше, повидимому, из-за недостатка питания. Однако на основании этих же данных табл. 8 и фиг. 1 можно отметить резкое увеличение количества крупных фракций макроаггрегатов при заражении почвы грибом *Trichoderma lignorum*, особенно в случаях, когда почва была засеяна ячменем. Это важно отметить в связи с указаниями Корнеевой и Татунько (1933) на особенно большую прочность аггрегатов крупнее 5 мм.

Таблица 8

Процент прочных макроаггрегатов суглинистой дерново-подзолистой почвы после 115 дней эксперимента

Фракции аггрегатов в мм	Почва без растений			Почва, засеянная ячменем			
		зараженная			зараженная		
	контрольная	*Trichoderma lignorum*	*Trichoderma lignorum* и микроорганизмами бактериоризы	контрольная	*Trichoderma lignorum*	микроорганизмами бактериоризы	*Trichoderma lignorum* и микроорганизмами бактериоризы
5	9.9	17.6	11.1	24.7	41.0	12.5	34.0
5—3	3.1	2.7	5.2	5.4	1.8	2.1	4.3
3—1	6.1	7.4	14.6	9.2	3.3	4.3	4.4
1—0.5	18.5	17.2	21.9	21.1	16.7	25.1	21.5
0.5—0.25	19.7	21.2	14.8	10.5	10.1	19.4	10.5
% аггрегатов > 0.25	57.3	66.1	67.6	70.9	72.9	63.4	74.7
% » > 1	19.1	27.7	30.9	39.3	46.1	18.9	42.7

Процент прочных макроагрегатов суглинистой дер

Фракция аггрегатов в мм	Почва				Почва стерилизованная					
	без растений		засеяна ячменем		без растений	засеяна ячменем	без растений		засеяна ячменем	
	без стерилизации и полива (исходная)	стерилизованная и поливаемая	стерилизованная	не стерилизованная	Микроорганизмы бактериоризы		*Mucor intermedius*			
								+ микроорганизмы бактериоризы		+ микроорганизмы бактериоризы
5		7.4	27.8	48.1	27.2	37.1	34.2	45.7	20.4	47.5
5—3		2.0	4.5	1.6	2.8	2.6	3.2	3.1	4.8	3.8
3—1	1.6	10.5	5.8	2.1	5.8	5.5	4.4	6.3	8.7	5.8
1—0.5	12.1	18.3	11.6	6.4	15.0	13.0	9.8	9.2	18.0	10.0
0.5—0.25 . . .	13.1	8.6	8.4	6.1	7.2	6.0	6.0	4.8	10.4	5.6
> 0.25	26.8	46.8	58.1	64.3	58.0	64.2	57.6	69.1	62.3	72.7
> 1	1.6	19.9	38.1	51.8	35.8	45.2	41.8	55.1	33.9	57.1

Вместе с тем надо иметь в виду, что полученные данные являются приуменьшенными, так как и контрольную почву и контрольный посев ячменя в условиях оранжереи не удалось сохранить стерильными в течение 115 дней, и они оказались зараженными *Trichoderma lignorum*, хотя и в слабой степени. В отличие от предыдущего опыта посев ячменя дал прибавку количества аггрегатов крупнее 0.25 мм, равную 13.6% по сравнению с контрольной почвой, несмотря на то, что ячмень очень плохо рос на стерилизованной почве и не дал колошения даже после 115 дней культуры. Заражение почвы грибом *Trichoderma lignorum* и микроорганизмами бактериоризы ячменя не улучшало состояния растений.

В последнем заключительном опыте по той же схеме и на той же простерилизованной почве было испытано влияние грибов *Mucor intermedius*, *Mortierella isabellina*, *Zygorrhynchus Moelleri* и *Penicillium glaucum* на образование водоустойчивых аггрегатов в присутствии и отсутствии растений ячменя и нерасчлененного комплекса микроорганизмов бактериоризы ячменя. Густота высева ячменя соответствовала 2 растениям на 1 см². Заражение почвы грибами и микроорганизмами бактериоризы велось одновременно с посевом проросших семян ячменя. Опыт продолжался 55 дней. За это время растения на нестерилизованной почве выколосились, в то время как на стерилизованной земле они были еще далеки от колошения. Заражение простерилизованной почвы отдельными грибами и нерасчлененным комплексом микроорганизмов бактериоризы ячменя не ускоряло колошения растений. Данные макроаггрегатного анализа представлены в табл. 9.

Из табл. 9 следует, что при тройной стерилизации почвы в текучем пару по часу и поддержании ее во влажном состоянии при 60% полной влагоемкости наблюдалось повышение количества водопрочных макроаггрегатов (> 0.25 мм) на 20%. Заражение простерилизованной почвы отдель-

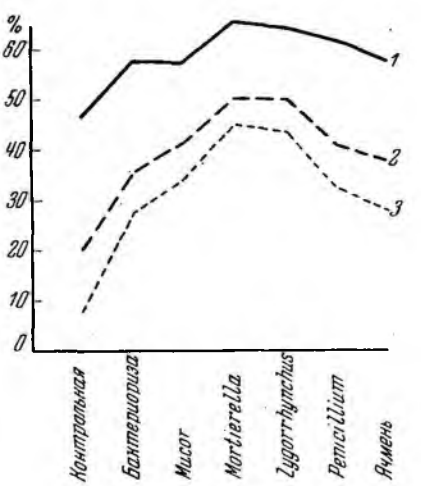
Таблица 9

ново-подзолистой почвы после 55 дней эксперимента

без растений		засеяна ячменем		без растений		засеяна ячменем		без растений		засеяна ячменем	
Mortierella isabellina				*Zygorrhynchus Moelleri*				*Penicillium glaucum*			
	+ микроорганизмы бактериоризы		+ микроорганизмы бактериоризы		+ микроорганизмы бактериоризы		+ микроорганизмы бактериоризы		+ микроорганизмы бактериоризы		+ микроорганизмы бактериоризы
44.9	27.1	34.9	31.3	44.2	26.4	39.6	52.2	32.7	32.5	42.5	42.1
1.5	3.2	2.2	3.0	1.8	2.5	2.7	1.7	1.9	2.4	2.0	2.5
4.4	7.7	3.9	5.6	4.5	6.6	5.2	4.2	6.5	7.7	5.1	5.0
10.4	18.3	11.4	14.4	9.8	16.1	11.6	8.7	14.2	14.0	11.6	11.1
4.5	6.4	6.0	7.9	4.4	6.5	6.1	4.3	6.6	7.3	6.3	5.1
65.7	62.7	58.4	62.3	64.7	58.1	65.2	71.1	61.9	63.9	67.5	65.8
50.8	38.0	41.0	40.0	50.5	35.5	47.5	58.1	41.1	42.6	49.6	49.6

ными грибами так же, как и нерасчлененным комплексом микроорганизмов бактериоризы, привело, как это видно из данных табл. 9 и фиг. 2, к дополнительному увеличению количества водопрочных макроаггрегатов на 11% при заражении микроорганизмами бактериоризы, на 11% при заражении *Mucor intermedius*, на 19% при заражении *Mortierella isabellina*, на 18% при заражении *Zygorrhynchus Moelleri*, на 15% при заражении *Penicillium glaucum* и, наконец, растения ячменя на той же почве привели к повышению количества водопрочных макроаггрегатов на 11%.

Из приведенных данных видно также, что все испытанные нами грибы в условиях опыта дали не меньшее увеличение структуры почвы, чем корни ячменя, а в случаях заражения грибами *Mortierella isabellina* и *Zygorrhynchus Moelleri* это повышение было даже несколько большим.

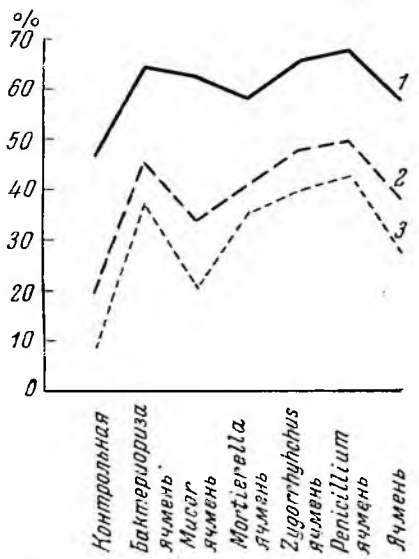


Фиг. 2. Диаграмма влияния растений ячменя, микроорганизмов бактериоризы ячменя и грибов *Mucor intermedius*, *Mortierella isabellina*, *Zygorrhynchus Moelleri* и *Penicillium glaucum* на образование прочных макроаггрегатов в стерилизованной почве:

1 — прочные аггрегаты крупнее 0.25 мм; *2*—прочные аггрегаты крупнее 1 мм; *3*—прочные аггрегаты крупнее 5 мм.

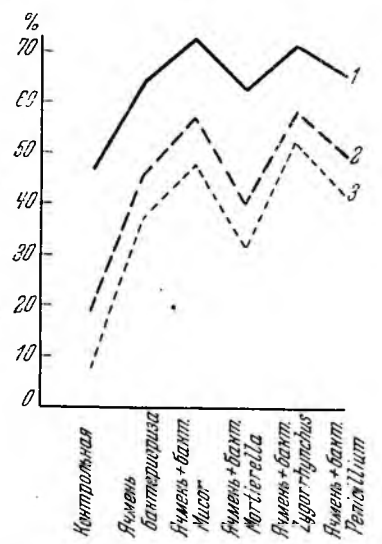
Из дальнейшего сопоставления можно видеть, что при заражении почвы как комплексом микроорганизмов бактериоризы, так и отдельными грибами, а также при выращивании ячменя наблюдалось резкое возрастание

количества крупных фракций макроаггрегатов, а именно, количество аггрегатов крупнее 1 мм возросло на 15.9—30.9%, а аггрегатов крупнее 5 мм — на 19.8—37.5% по отношению к количеству тех же размеров аггрегатов в контрольной почве. При сравнении же количества крупных фракций аггрегатов в почве, засеянной ячменем, и в почве, зараженной грибами, оказалось, что аггрегатов крупнее 1 мм больше на 12.7—12.4%, а крупнее 5 мм — на 17.1 и 16.4% при заражении почвы грибами *Mortierella isabellina* и *Zygorrhynchus Moelleri*; при заражении же остальными грибами и нерасчлененным комплексом микроорганизмов бактериоризы были получены почти те же цифры, что и для почвы, засеянной ячменем. Это интересно, так как, по данным работы Радченко и Корнеевой (1936), а также Корнеевой и Татунько (1933), аггрегаты крупнее 1 мм отличаются большой прочностью.



Фиг. 3. Диаграмма влияния нерасчлененного комплекса микроорганизмов бактериоризы ячменя и грибов *Mucor intermedius*, *Mortierella isabellina*, *Zygorrhynchus Moelleri* и *Penicillium glaucum* на образование прочных макроаггрегатов в почве, засеянной ячменем.

1 — прочные аггрегаты крупнее 0.25 мм; *2* — прочные аггрегаты крупнее 1 мм; *3* — прочные аггрегаты крупнее 5 мм.



Фиг. 4. Диаграмма влияния грибов *Mucor intermedius*, *Mortierella isabellina*, *Zygorrhynchus Moelleri* и *Penicillium glaucum* на образование прочных макроаггрегатов в почве, засеянной ячменем и нерасчлененным комплексом микроорганизмов бактериоризы ячменя.

1 — прочные аггрегаты крупнее 0.25 мм; *2* — прочные аггрегаты крупнее 1 мм; *3* — прочные аггрегаты крупнее 5 мм.

Далее, сравнивая результаты макроаггрегатного анализа почвы, засеянной ячменем, зараженной и не зараженной грибами и нерасчлененным комплексом микроорганизмов бактериоризы ячменя, надо отметить, что количество аггрегатов крупнее 0.25 мм в диаметре увеличилось при заражении почвы грибами *Zygorrhynchus Moelleri* на 7.1%, *Penicillium glaucum* на 9.4% и нерасчлененным комплексом микроорганизмов бактериоризы ячменя на 6.1% по сравнению с почвой, засеянной ячменем, как это ясно видно на фиг. 3. В остальных случаях увеличение структуры было незначительным. По сравнению же с контрольной почвой без растений увеличение аггрегатов крупнее 0.25 мм в почве, засеянной ячменем вместе с отдельными грибами, колебалось, в зависимости от видов грибов, от 11.6 до 20.7%. В этом случае также в результате заражения грибами и нерасчлененным комплексом микроорганизмов бактериоризы ячменя наблюдалось резкое

увеличение количества крупных фракций аггрегатов, а именно, количество аггрегатов крупнее 1 мм увеличилось на 14.0—29.7%, а аггрегатов крупнее 5 мм — на 13.0—35.1% по сравнению с контрольной почвой без ячменя. По сравнению с почвой, засеянной ячменем, увеличение количества аггрегатов крупнее 1 мм равнялось в зависимости от вида грибов 2.9—11.5%, а увеличение количества аггрегатов крупнее 5 мм равнялось 7.1—14.7%, причем почва, засеянная ячменем и одновременно зараженная грибом *Mucor intermedius*, явилась исключением, так как имела несколько меньшее количество крупных аггрегатов по сравнению с почвой, засеянной контрольным растением.

При заражении почвы, засеянной ячменем и нерасчлененным комплексом микроорганизмов бактериоризы ячменя, различными грибами получены данные, представленные в табл. 9 и на фиг. 4.

Из этих материалов видно, что на почве, засеянной ячменем вместе с нерасчлененным комплексом микроорганизмов бактериоризы ячменя, увеличение количества аггрегатов крупнее 0.25 мм наблюдается при заражении грибами *Mucor intermedius* на 25.9%, *Mortierella isabellina* на 15.5%, *Zygorrhynchus Moelleri* на 24.3%, *Penicillium glaucum* на 19.0% и без заражения грибами на 17.4% по сравнению с контрольной почвой, ничем не засеянной.

Наоборот, по сравнению с почвой, засеянной ячменем и микроорганизмами бактериоризы ячменя, увеличение макроаггрегатов наблюдалось только при заражении грибом *Mucor intermedius* на 8.5% и *Zygorrhynchus Moelleri* на 6.9%. Все же остальные организмы дали чрезвычайно малые изменения количеств макроаггрегатов как в положительную, так и в отрицательную сторону. В результате засева почвы ячменем вместе с микроорганизмами бактериоризы ячменя и отдельными грибами наблюдалось сильное увеличение количества крупных фракций макроаггрегатов, а именно, количество аггрегатов крупнее 1 мм возрастало на 20.1—38.2%, а аггрегатов крупнее 5 мм — на 24.0—44.8% по сравнению с контрольной почвой. По сравнению же с почвой, засеянной ячменем вместе с микроорганизмами бактериоризы ячменя, тоже наблюдалось увеличение количества аггрегатов крупнее 1 мм на 11.9, 12.9, 4.4%, а аггрегатов крупнее 5 мм на 10.4, 15.1 и 5.0% при заражении грибами *Mucor intermedius*, *Zygorrhynchus Moelleri* и *Penicillium glaucum*. В почве же, зараженной *Mortierella isabellina*, наоборот, наблюдалось снижение количества аггрегатов крупнее 1 мм на 5.2% и крупнее 5 мм на 5.7%.

Далее, сравнивая количества макроаггрегатов крупнее 0.25 мм в почвах контрольной и зараженной грибами, а также в почвах, засеянных только ячменем и ячменем совместно с грибами, мы получили данные, представленные в табл. 10.

Таблица 10

Влияние грибов на образование макроаггрегатов суглинистой дерново-подзолистой почвы, засеянной и не засеянной ячменем

Название грибов	% увеличения количества прочных микроаггрегатов крупнее 0.25 мм в почве	
	не засеянной ячменем	засеянной ячменем
Mucor intermedius	10.8	4.2
Mortierella isabellina	18.9	0.3
Zygorrhynchus Moelleri	17.9	7.1
Penicillium glaucum	15.1	9.4
Trichoderma lignorum	8.8—9.5	2.0—7.8

Из табл. 10 видно, что все грибы в отсутствие растений ячменя давали значительно бо́льшую прибавку количества прочных макроаггрегатов по сравнению с почвой, занятой ячменем, что, очевидно, связано с недостатком питания для грибов на почве бедной питательными веществами.

По работам Образцовой (1937) и Исаковой и Климовой (1937) известно, что количество микроорганизмов в ризосфере растений значительно возрастает и работа их усиливается по мере улучшения питания растений вследствие применения удобрений. При внесении минеральных и особенно органических удобрений надо ожидать более сильного развития грибов, а вместе с этим и более сильного влияния их на образование прочных макроаггрегатов. Вместе с тем по работе Канивца и Корнеевой (1936) известно, что *Trichoderma lignorum* тем сильнее улучшает структуру почвы, чем более она разлагает органических веществ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

I. На основании проделанной работы по выявлению грибной флоры ризосферы клевера красного, тимофеевки луговой и житняка гребенчатого можно сделать следующие выводы:

1) грибной состав ризосферы одних и тех же растений, выращенных на различных почвах, меняется;

2) в ризосфере клевера, тимофеевки и житняка, выросших на дерново-подзолистой почве ТСХА и совхоза Степаньково, Шаховского района, Московской области, особенно много развивается представителей семейства *Mucoraceae* и родов *Fusarium*, *Penicillium*, *Trichoderma*, причем на корнях бобовых растений было отмечено несколько более сильное развитие *Penicillium glaucum* по сравнению с корнями злаков;

3) специфичности в грибной флоре ризосферы молодых и старых корней одних и тех же растений изучавшихся видов обнаружено не было.

II. При исследовании влияния грибов ризосферы на рост всходов и прорастание семян сельскохозяйственных растений установлено:

1) среди грибов ризосферы изучавшихся нами растений, положительно влияющих на рост проростков ржи, пшеницы и ячменя, обнаружено большое число паразитов сельскохозяйственных культур;

2) семена ржи сорта Вятка, пшеницы сорта Гордеиформе 189 и ячменя сорта Винер почти не изменяли энергию прорастания при заражении их всеми испытанными грибами ризосферы, в то время как семена пшеницы сорта Гордеиформе 10 обнаруживали повышение энергии прорастания под влиянием заражения их теми же организмами. Отмечено снижение энергии прорастания, а также всхожести семян у тимофеевки луговой при инокуляции их грибами *Fusarium* из секции *Gibbosum* на 15% и *Trichoderma lignorum* на 38%.

III. Исследования, проведенные для выяснения влияния грибов ризосферы клевера красного и тимофеевки луговой на образование водопрочных макроаггрегатов почвы, показали следующее:

1) при заражении простерилизованной дерново-подзолистой почвы грибами *Mucor intermedius*, *Mortierella isabellina*, *Zygorrhynchus Moelleri*, *Penicillium glaucum* и *Trichoderma lignorum* наблюдалось не меньшее увеличение как общего количества прочных макроаггрегатов почвы, так и их крупных фракций, чем под влиянием корней ячменя;

2) при инокуляции той же почвы, засеянной ячменем, наблюдалось повышение общего количества прочных макроаггрегатов при заражении грибами *Mucor intermedius*, *Zygorrhynchus Moelleri*, *Penicillium glaucum* и *Trichoderma lignorum* по сравнению с почвой, засеянной только растениями ячменя;

3) при инокуляции почвы, засеянной ячменем и нерасчлененным комплексом микроорганизмов его бактериоризы, обнаружено увеличение количества прочных макроаггрегатов при заражении грибами *Mucor intermedius*, *Zygorrhynchus Moelleri* и в некоторых случаях *Trichoderma lignorum* по сравнению с почвой, засеянной ячменем + микроорганизмы бактериоризы ячменя.

ЛИТЕРАТУРА

Ваксман С. А. Гумус. Огиз-Сельхозгиз, 1937.

Вильямс В. Р. Общее земледелие с основами почвоведения, 1927.

— Почвоведение. Огиз-Сельхозгиз, 1938.

Гедройц К. К. К вопросу о почвенной структуре и сельскохозяйственном ее значении. Изв. Гос. инст. опытной агрономии, № 3, т. IV, 1926.

Гельцер Ф. Ю. Значение микроорганизмов в образовании перегноя и прочности структуры почвы. Сельхозгиз, 1940.

Дорохова Н. А. Поражение фитофторой (*Phytophthora terrestria* Scherbakoff) различных сортов помидоров и изучение биологии и физиологии питания грибов. Тр. Инст. физиологии растений им. Тимирязева, т. III, вып. 1, 1940.

Исакова А. А. К вопросу о природе воздействия бактериоризных микроорганизмов на растения. ДАН СССР, т. IV, № 9, 1936.

Исакова А. А. и Климова А. Б. Исследование активности микробного комплекса ризосферы субтропических культур. Тр. Инст. физиологии растений им. Тимирязева, т. I, вып. 2, 1937.

Канивец И. И. и Корнеева Н. П. Особенности созревания пашни. Научные записки по сахарной промышленности Агрономический вып., № 3, 1936.

Канивец И. И. Вопросы окультуривания в третьей пятилетке. Научные записки по сахарной промышл. Агрономический вып., № 1—2, 1938.

Канивец И. И. и Корнеева Н. П. Динамика структуры почвы за вегетационный период и нарастание элементов прочности под влиянием навоза и целлюлозы. Сб. работ по агропочвоведению, агрохимии и почвенной микробиологии, 1936.

— Каталитическое действие почвы. Сб. работ по агропочвоведению агрохимии и почвенной микробиологии, 1936.

Корнеева Н. П. Микрофлора почвы при разном сочетании структурных отдельностей. Наукові записки з цукрової промисловости, кн. XXVII, 1933.

— Действие микроорганизмов на структурообразование и состав микрофлоры почвы при разложении соломы. Научные записки по сахарной промышл., № 3, 1937.

Корнеева Н. П. и Татунько В. Д. Урожай сахарной свеклы и направление физико-химических и биологических процессов на обыкновенном черноземе при разных способах воздействия на структуру почвы. Наукові записки, кн. XXXIII, 1933.

Костычев П. А. Образование и свойства перегноя. Тр. СПб. общ. естеств., т. XX. Отд. ботаники, 1889.

— О некоторых свойствах и составе перегноя. Сельск. хоз. и лесоводство, № 10, 1890.

Красильников Н. А. Лучистые грибки и родственные им организмы. Акад. Наук СССР., 1938.

— Влияние почвенных бактерий на рост пшеницы. Микробиология, т. VIII, вып. 5, 1939.

Образцова А. А. Микроорганизмы ризосферы некоторых субтропических растений: мандарина, тунго и чайного куста. Труды Инст. физиологии растений им. Тимирязева, т. I, вып. 2, 1937.

Павлов Г. И. Метод аггрегатного анализа и аггрегатный состав почвы. Труды Ак-Кавакской опытно-оросительной станции, вып. 6, Ташкент, 1930.

Радченко А. Г. и Корнеева Н. П. Структура оподзоленных почв и значение ее в направлении физико-химических и химико-биологических процессов. Сб. раб. по агропочвоведению, агрохимии и почвенной микробиологии, 1936.

Ростовцева О. С. и Аваева М. И. Роль многолетних трав в создании прочной структуры почв. Почвоведение, № 5—6, 1935.

Рэссель Э. Д. Почвенные условия и рост растения. Сельхозгиз, М.—Л., 1931.

Саввинов Н. И. Структура почвы и ее прочность. Сельхозгиз, М., 1931.

— Структура почвы и ее производственное значение. Сборник в честь 50-летия научной деятельности акад. В. Р. Вильямса. Сельхозгиз, М.—Л., 1935.

Саввинов Н. И., Влияние многолетних трав и некоторых агротехнических приемов на прочность структуры почв в разных зонах. Сб. «Физика почв в СССР». М., 1936.
Сухов А. Старые и новые теории о микоризе. Лесной журнал, вып. 4, 1914.
Трусов А. Г. Материалы к изучению почвенного гумуса. Ч. I. Процессы образования гуминовой кислоты, 1917.
Тюрин И. В. Органическое вещество почвы. Сельхозгиз, 1937.
Henry A. W. Root-Rots of Wheat. Technical Bulletin 22. The University of Minnesota Agricultural. Exp. Sta, 1924.
Hiltner L. 1904. Arb. der D. L. Ges. H. 98, 359 (цитировано по работе Stoklasa J. und Doerelle. Handbuch der Biophysik und Bioch. Durchforschungen des Bodens. Berlin, 1926.
Leonian L. The effect of Auxins upon Phytophthora cactorum. Journ. of Agric. Res., v. 51, 1935.
Melin E. Methoden der experimentalen Untersuchungen mykotropher Pflanzen Abderhaldens Handbuch d. biol. Arbeitsmethoden. Abt. XI, t. 4, H. 6, 1936.
Starkey R. Some Influence of the Development of Higher Plants upon the Microorganisms in the soil. IV. Influence of Proximity to Roots on abundance and activity of Microorganisms. Soil Science, v. 32, p. 367, 1931.
Waksman S. A. and Martin I. P. The role of microorganisms in the conservation of the soil Science, v. 90, № 2, 335, 1939.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

СБОРНИК ПАМЯТИ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

Т. Ф. ЯКУБОВ

ПОЧВЕННЫЙ ИНСТИТУТ АН СССР ИМ. В. В. ДОКУЧАЕВА

МАТЕРИАЛЫ К МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ ПЕСКОВ И ПЕСЧАНЫХ ПОЧВ ПОЛУПУСТЫНЬ И ПУСТЫНЬ СССР

В своем учении о почве В. Р. Вильямс придавал огромное значение биологическим факторам в процессах почвообразования.

Как известно, согласно его учению, почва возникает и образуется с появлением на рухляковой горной породе высших и низших растительных организмов, когда начинаются интенсивные и сложные процессы разрушения и синтеза органического вещества. Если в процессе синтеза органического вещества огромная роль принадлежит хемотрофным микроорганизмам, то обратный процесс его разрушения совершается низшими бесхлорофильными организмами (аэробные, анаэробные бактерии, грибы и актиномицеты), использующими органические вещества как источник энергии и пищи.

В. Р. Вильямс, разделяя природные комбинации зеленых и бесхлорофильных растений по растительным формациям, считает необходимым выделить п у с т ы н н у ю растительную формацию, «в которой роль организмов, созидающих органическое вещество, делится в последовательном порядке между хемотрофными бактериями и водорослями, а роль организмов, разрушающих мертвые остатки этих организмов, принадлежит в таком же последовательном порядке бактериям обоих типов и грибам» (Вильямс, 1940).

Вместе с тем В. Р. Вильямс совершенно справедливо указывает на то, что эта растительная формация (пустынная. — *Т. Я.*) еще очень мало изучена, главным образом вследствие трудной ее доступности.

Учитывая это и вышеупомянутые обстоятельства, автор в настоящей статье имел в виду кратко обобщить имеющиеся доступные сведения по микробиологической характеристике песчаных полупустынь и пустынь и вместе с тем изложить немногочисленные данные по изучению азотобактера в исследованных им песках Каспийской низменности.

* * *

В течение продолжительного времени существовало представление, что пески, и в частности пески пустынь, являются совершенно безжизненными. Пески пустынь, указывает Hilgard (1930), «как в отношении обычном житейском, так и в литературном, всегда служили символом стерильности». Аналогичное мнение о стерильности песков высказывали и наши русские ученые (Ферсман, 1926, Щербаков, 1926 и др.), хотя интенсивные химические процессы в верхних слоях пустынных почв, как указывал Ферсман, происходят не только от высоких температур, но также в результате значительных биологических процессов (цит. по Бродскому и Японовской, 1930).

Однако исследования позднейших лет показали несостоятельность и ошибочность взгляда о стерильности песков и целый ряд исследователей, как иностранных, так и русских, путем специального изучения доказали, что даже сыпучие и подвижные пески пустынь содержат огромное количество различных микроорганизмов.

В противовес вульгарному представлению о бесплодности и безжизненности песков еще Beijerink (1901) впервые, а затем Koch (1909) указали на наличие азотобактера в песке морских дюн побережья Голландии и острова Юист в Северном море. Значительно позже Шульгина (1927) в подзолистых суглесях на песках Кубанского округа, Рихтер (1925) в песчаных почвах района Саратова, Степанова (1928) в песчаных почвах б. Каменец-Подольской губернии нашли огромное количество различных почвенных микроорганизмов. Разнообразная бактериальная флора была также обнаружена в песчаных почвах Аризоны (Snow, 1926), степной зоны Венгрии (Feher, 1932), песчано-глинистых почвах Техаса (Williams, 1925), а Roos и Thoms нашли представителей микрофауны (амебы) также в пустынях Египта (цит. по Бродскому и Янковской, 1930).

Что касается песков полупустынь и пустынь Советского Союза (и в частности песков исследованного нами района), то первые указания о микрофлоре в них мы находим у Омелянского (1915). Ему удалось из образца песка Киргизской степи (б. Астраханской губернии) выделить на среде Виноградского чистые культуры спорообразующего анаэробного фиксатора азота — *Clostridium pasteurianum*. Попытка получить из того же образца культуры *Azotobacter* оказалась безуспешной, хотя причину этого явления он не рассматривает.

Более обстоятельные и специальные микробиологические исследования песчаных полупустынь и пустынь СССР относятся к последнему времени. Из числа этих работ следует отметить работы специальной каракумской экспедиции по изучению протофауны песков (Бродский А. Л. и Бродский К. А., 1927; Бродский А. и Янковская А., 1929, 1930; Скворцов Ю. А., 1929), в которых устанавливается наличие в бугристых незакрепленных и закрепленных песках до глубины 2 м всех трех классов простейших (жгутиковых, корненожек и инфузорий).

С точки зрения микробиологической характеристики песков пустыни Кара-Кумы весьма интересна работа Самсонова, Самсоновой и Черновой (1929). В результате своих исследований эти авторы пришли к заключению, что в состав микрофлоры кара-кумских песков, хотя и в меньшем количестве, входят все микроорганизмы, присутствующие в почвах оазисов (бациллы, кокки, актиномицеты и грибы). В песках обнаружены все главнейшие группы микроорганизмов, принимающих участие в превращениях азота: аммонифицирующие, нитрифицирующие, денитрифицирующие и азотофиксирующие бактерии. «Микрофлора песчанопустынных почв, — пишут авторы, — не только достигает значительных размеров, но и обладает отчетливой активностью микробиологических процессов». При этом эта активность наиболее резко выражена в верхних горизонтах песка на глубине 0—35 см. Даже в сыпучем барханном песке (pH= 7.0), путем количественного учета по Виноградскому, обнаружено относительно большое содержание азотобактера (260.000 в 1 г почвы). Особенно много азотобактера и других микробов оказалось в бугристых полузакрепленных песках на глубине до 70 см. Например, на бугре под кустом *Calligonum* (pH= 7—7.2) присутствовало микробов группы А от 0.8 до 5.9 млн.; Б — 0.7—4.1 млн. и К — 8.5—5.2 млн. индивидов в 1 г почвы. Столь относительно значительное содержание микробов авторы объясняют благоприятным воздушно-водно-термическим режимом, реакцией среды и присутствием в песке, хотя и в небольшом количестве, глинистых частиц.

Почти одновременно Шульгина, Берсенева и Норкина (1930), изучавшие микробиологическое население песков Бухары и окрестностей Красноводска, установили, что в них в большем или ме́ньшем количестве присутствуют все главнейшие группы микробов и, главным образом, актиномицеты, являющиеся, как известно, менее требовательными к питанию. Особенно значительное содержание микробов, согласно указанию авторов, отмечено в песках Бухарского округа. В образце песка, взятого в 55—60 км от Красноводска, количество микробов оказалось меньше на 50%, что авторы объясняют высокой их засоленностью и, может быть, примесью суглинка. При этом, как выяснилось, количество микроорганизмов в исследованных песках возрастает от сыпучих к более закрепленным.

Представление о том, какое количество различных микроорганизмов содержат пески пустынь, дает табл. 1. Количественный учет микробов производился методом Виноградского.

Таблица 1

Количество микроорганизмов в песчаных пустынях Средней Азии, в млн. индивидов на 1 г песка

(по данным Шульгиной, Берсеневой и Норкиной, 1930)

Место взятия образца песка	Азотобактер	Бациллоформы	Коккобразные формы	Прочие микробы	Общее количество микробов
Пески Бухары: Вершина дюны	—	516.8	584.0	96.0	1 196.8
Пески Бухары: Подножие дюны	—	704.0	412.8	115.2	1 232.0
Пески Бухары: Граница сыпучих и закрепленных песков	—	780.8	619.2	131.2	1 531.2
Пески района Красноводска	—	467.2	201.6	108.8	776.6

Из табл. 1 видно, что, на ряду со значительным общим количеством микробов в песках, они совершенно лишены азотобактера (исследование на присутствие этого микроба производилось на пластинках кремнекислого геля, приготовленных по Виноградскому). Причину отсутствия в песках азотобактера авторы предположительно объясняют недостатком энергетического материала и влаги. Они считают, что наиболее благоприятным условием для развития микроорганизма является наличие орошения, а также близость грунтовых вод.

Интересными представляются также исследования Шелоумовой и Берг (1931) на присутствие азотобактера в песках пустыни Кара-кумы (Средняя Азия). В качестве объекта изучения эти авторы взяли образцы песка в понижениях барханов на глубинах 0—20, 40—50 и 90 см. Опыты путем разведения культур на агаровых пластинках со средой Whittles показали, что азотобактер на всех указанных глубинах песка совершенно отсутствует. Согласно указанию данных авторов, исследованные пески оказались очень бедными азотом и притом он содержался, главным образом, в виде аммиачных соединений.

Наконец, отметим работу Paulie (1934) по специальному исследованию микрофлоры полупустынных песков Казахстана с учетом количества микробов методом Виноградского. Исследования Paulie производились в бугристых голых и заросших песках. Грунтовая вода в котловинах залегала ниже 2 м, а от поверхности бугров — на глубине 5—6 м. Определение pH (колориметрическим способом) показало, что реакция почвы щелочная и pH колеблется от 7.5 до 8.5.

Классифицируя богатство почвы микрофлорой по шкале Виноградского, автор считает, что пески Казахстана должны рассматриваться как

почвы микробиологически бедные, поскольку в них обнаруживалось на 1 г почвы не более 10 млн. различных микробов.

Эксперименты Paulie показали, что определенные им группы микробов — бациллы, кокки и азотобактероподобные клетки — присутствуют на относительно больших глубинах почвы (до 2—3.5 м). В результате подсчета микробов по профилю разреза было выявлено наличие двух максимумов их распространения: первого на глубине 5—20 см и второго — у водоносного слоя, на глубине около 2 м. Вместе с тем в некоторых случаях отмечалось неожиданное возрастание или резкое снижение количества микробов на промежуточных глубинах. Это обстоятельство автор склонен ставить в связь с характером увлажнения почвы. Любопытно, что в ряде случаев после прошедших дождей верхний максимум количества микробов в сыпучих и подвижных песках приближался к поверхности почвы. Данное явление как бы подтверждает предположение автора о зависимости распространения азотобактера от условий увлажнения почвы.

В своей работе Paulie указывает, что препараты из песков других районов Казахстана (Моюн-кумы, Кара-кумы, Куртинские пески) дали аналогичные исследованным выше пескам результаты. В них обнаружено содержание значительного количества бацилл, меньше кокков и азотобактероподобных клеток. Автор также отмечает присутствие последних микробов в образцах, присланных из песков Кара-Чокат.

Таким образом, из приведенного далеко не полного перечня литературы по затронутому вопросу видно, что песчаные пустыни отнюдь не являются «стерильными» и микробиологически безжизненными. Пески пустынь, согласно мнению большинства исследователей, заключают в себе относительно значительное количество почти всех главнейших групп микробов, несмотря на то, что условия для их развития и существования здесь являются крайне неблагоприятными.

Ниже излагаются некоторые результаты изучения исследованных нами на присутствие азотобактера полупустынных и пустынных песков северного Прикаспия.

Известно, что обогащение почвы азотом, помимо образования его от разложения органического вещества, связано в значительной степени с деятельностью различных азотфиксирующих микроорганизмов, в том числе и азотобактера. Обычно почвы, богатые азотобактером, характеризуются бо́льшей азотоусвояющей способностью и соответственно высокой продуктивностью по сравнению с почвами, в которых преобладают другие фиксаторы атмосферного азота (Берсенева, 1930). Недостаток в почве азота обычно приводит к явлению так называемого «азотного голодания», вследствие чего растения получаются чахлыми, листва начинает преждевременно желтеть и нередко растения даже совершенно погибают.

Азотобактер, как известно, широко распространен в различных почвах. Он, будучи высоко аэрофильным организмом, предъявляет невысокие требования к качеству питательных веществ (Федоров, 1936). Вместе с тем установлено, что азотобактер нуждается в определенных условиях реакции среды, аэрации, температуры, влажности, наличии минеральных элементов в почве и пр. Так, например, развитие азотобактера происходит лучше всего при pH = 6.46—7.75. Колебание в сторону кислую не должно превышать pH = 6, а в щелочную pH=8—9. В отношении аэрации, по мнению Омелянского (1923, стр. 148), можно принять как общее правило, что в рыхлых легких почвах деятельность азотобактера протекает более энергично и фиксируется больше азота, чем в почвах слежавшихся и заболоченных. Он упоминает, что из 105 исследованных образцов почвы Burri не нашел азотобактера в 34 случаях, преимущественно на тяжелых глини-

стых почвах. Существуют мнения о требовательности азотобактера к кальцию и о благоприятном воздействии извести на его развитие (Eischer, Christensen, Gerlach, Vogel и мн. другие; цит. по Омелянскому, 1923, стр. 24, 73—74, 147). Точно так же указывается на зависимость развития азотобактера от наличия в среде фосфорнокислых солей, отсутствие которых приводит якобы к прекращению развития азотобактера и его физиологической активности (Gerlach, Vogel, Kruger, Heinze, Christensen, Schneider, Koch и др.; цит. по Омелянскому, 1923, стр. 73—74, 148).

Некоторые исследователи считают, что на развитие азотфиксирующих бактерий благоприятное влияние оказывают соли Fe (Виноградский, Koch и др.; цит. по Омелянскому, 1923, стр. 148). Следует указать, что вообще азотобактер среди других почвенных микроорганизмов считается более солевыносливым микробом. Так, например, согласно данным Lipman, присутствие в почве 0.5% хлористого натрия, 1.25% сульфата натрия и 0.4% соды оказалось безвредным для существования и развития азотобактера. Другой исследователь — Keuntner (1903), работавший с морскими формами азотобактера, обнаружил, что они могут расти и ассимилировать азот в 8% растворе хлористого натрия. Более того, обнаружение нами азотобактера в солончаках, содержащих огромное количество воднорастворимых солей (в том числе 100—150 г/л хлоридов), указывает на его чрезвычайно высокую солевыносливость.

Что касается термических условий, то, по данным многих исследователей, оптимальной температурой для развития азотобактера является 20—30° С. По Krzemieniewsk температура в 33° С уже явно неблагоприятна, а при 37° С наблюдается появление инволюционных форм азотобактера. Верхним пределом температуры, по Jones, для азотобактера является 55—60° С (Омелянский, 1923, стр. 60—61). Лабораторные опыты Омелянского (1923) показали, что при температуре 45° С и продолжительности нагревания в 30 минут азотобактер не показывает роста. Он предполагает, что именно поэтому летом в верхних слоях почвы азотобактер содержится в небольшом количестве. Вместе с тем имеются многочисленные указания, что продолжительное нахождение образцов в воздушно-сухом состоянии почти не оказывает влияния на азотфиксирующую способность азотобактера. Известно, например, что Крайскому удалось выделить несколько рас азотобактера, хотя образцы сохранялись в лаборатории в воздушно-сухом состоянии в течение 3—5 лет (Омелянский, 1923, стр. 26). В опытах Омелянского (1923) отмечалось также, что разводка азотобактера в пробирке с декстриновым агаром, закрытой ватной пробкой, сохранила свою жизнеспособность в течение 5 лет на совершенно высохшей среде. Более того, в опытах Lipman — Burgess (1915) сухие образцы почв, сохранявшиеся в течение 5—20 лет в музейных склянках, обладали в высокой степени способностью фиксировать свободный азот.

В соответствующей специальной литературе указывается, что азотобактер является микробом, достаточно требовательным к условиям влажности, и что влажность среды, на ряду с другими факторами, определяет и его азотусвояющую способность. Однако влажность почвы не должна превышать известного предела, поскольку ее избыток, вследствие уменьшения аэрации, подавляет азотфиксирующую способность азотобактера. По данным Lipman и Sharp (1915), содержание 24% воды является пределом для фиксации азота аэробными фиксаторами, а дальнейшее повышение влажности приводит к преобладанию анаэробных фиксаторов, и общее связывание азота понижается. Согласно Berthelot, лучшие результаты получаются при содержании в почве от 2—3 до 15% воды (цит. по Омелянскому, 1923, стр. 149), а по Warmbold (1906) при 20% влажности. Федоров также указывает, что почвы успешно фиксируют азот даже при 3—15% влажности, а Берсенева (1930) отмечает возможность активной фиксации

азота в естественных условиях при влажности почвы в 2.5%. [1] Омелянский (1923), упоминая об опытах Reinke и Keuntner, наблюдавших рост азотобактера в среде, содержащей 3—4% NaCl (концентрация морской соли), пишет, что это как бы служит указанием на морское происхождение данного азотобактера, впоследствии приспособившегося к жизни в почвенном слое.

Чрезвычайно интересны с точки зрения рассматриваемого вопроса исследования Корсаковой, Былинкиной и Никитиной (1927). Производя высев почвы на кремневые пластинки, авторы установили, что в случае высева зерен целинных почв пустынно-степной зоны рост азотобактера отсутствует. Азотобактер, как указывают авторы, находится в целинных почвах в неактивном состоянии, но в случае обработки и орошения этих почв в них обнаруживается присутствие азотобактера в значительных количествах.

Это явление объясняется тем, что именно орошение создает благоприятный водный режим для биологических процессов и вызывает развитие и накопление в данных почвах азотобактера.

Исследования Кононовой (1930), проведенные на Ак-Кавакской опытно-оросительной станции, полностью подтвердили результаты работ предыдущих авторов.

На основании своих исследований Кононова приходит к следующим выводам:

1. Исследованные пустынно-степные сероземы в силу физико-химических свойств (нейтрально слабо щелочная среда, наличие больших количеств кальция весьма благоприятны для существования азотобактера на различных глубинах.

2. В неактивном состоянии клетки азотобактера могут находиться в неорошаемых почвах, но примененными автором методами исследования (высевом почвы на кремнекислый гель, пропитанный средой Эшби) их не удается обнаружить.

3. Повышение влажности как таковой, вызываемое орошением, не является достаточно сильным фактором, способным активизировать находящиеся в неорошаемых почвах клетки азотобактера. Лишь внесение энергетического материала вызывает, повидимому, активирование их; в результате, при высеве такой почвы получается интенсивный рост азотобактера.

4. Обнаруживаемый во вновь орошаемых почвах азотобактер является принесенным на поле с оросительной водой, вернее со взмученными в ней частицами.

В другой работе, касающейся изучения вертикального распространения азотобактера и нитрифицирующих организмов в почвах, Кононова (1930) указывает, что в целинных почвах максимум распространения нитрифицирующих организмов и наиболее интенсивная нитрификационная способность почвы ограничиваются верхним 0—3 (4)-см слоем. В культурных почвах указанный максимум падает на пахотный горизонт с резким снижением с глубиной. Однако в слабой степени в культурных почвах процессы нитрификации происходят до глубины примерно 30—40 см, а нижележащие слои в продукции нитратов почти никакой роли не играют.

Вместе с тем, как указывает автор, глубина проникновения азотобактера находится в связи со сроком культуры и орошения: чем больше этот срок, тем в более глубокие горизонты проникает азотобактер. В качестве примера можно было бы указать на почвы Бухары, образовавшиеся на культурно-ирригационных наносах, где азотобактер найден на глубине до 2 м.

---

[1] Автор не указывает на характер почвы. Повидимому, речь идет о легких супесчаных и песчаных почвах (*Т. Я.*).

Что касается наличия азотобактера в песках, в частности в песках полупустынь и пустынь, то, как видно из вышеприведенных данных, по этому поводу имеются противоположные мнения.

Так, азотобактер не был совершенно обнаружен Омелянским (1915) в песках б. Киргизской степи (полупустынного или пустынного северного Прикаспия. — *Т. Я.*), Шульгиной, Берсеневой и Норкиной (1930) в песках Бухары и окрестностях Красноводска и Шелоумовой и Берг (1931) в песках пустыни Кара-кумы. Другие исследователи, наоборот, в тех же пустынных песках, например, кара-кумских (Самсонов, Самсонова, Чернова, 1929), и полупустынных песках Казахстана (Paulie, 1934) азотобактер обнаруживают. Различие в выводах, повидимому, можно объяснить различием применяемой методики исследования.

Дело в том, что присутствие азотобактера в песках Шелоумова и Берг определяли высевом зерен почв на агаровых пластинках со средой Whittles, а Шульгина, Берсенева и Норкина — на пластинках кремнекислого геля, по Виноградскому. В исследованиях Самсонова, Самсоновой и Черновой, а также Paulie определение азотобактера производилось путем прямого количественного учета по методу Виноградского. Однако, как справедливо отмечает Paulie, морфологическое сходство микроорганизмов с азотобактером не является достаточным доказательством того, что они действительно являются азотобактером. В литературе по этому поводу имеются определенные указания, что в почвах содержатся такие азотобактероподобные организмы, которые при микроскопическом рассматривании вовсе не отличаются от характерных клеток азотобактера (Дианова и Воронилова, 1930, [1] Мишустин, 1937) и, следовательно, методом Виноградского учитываются как азотобактер. Однако попытки выделить из таких почв азотобактер на искусственных питательных средах, как указывает Мишустин, оканчивались неудачей.

Наши исследования на присутствие азотобактера в песках, песчаных почвах и солончаках производились на пластинках кремнекислого геля, пропитанных средой Эшби.[2] Для анализа были использованы образцы песков и почв из 12 разрезов, взятых нами на различных глубинах. Из этих 12 разрезов 8 были заложены в пределах песчаной пустыни северного Прикаспия (разрезы 103, 106, 108, 109, 110, 111, 114 и Б. 2), а остальные 4 разреза в полупустынных песках Нарын (разрезы 9 и 21) и северо-восточном углу Волжско-Уральских песков (разрезы 100 и 101). Все разрезы, за исключением 9 и 21, заложены в 1938 г., а 9 и 21 — в 1934. Анализы произведены в начале 1939 г.

В табл. 2, в которой излагаются результаты исследования песков и почв на присутствие азотобактера, нами приводятся также некоторые главнейшие сведения, характеризующие условия среды. Как видно из этой таблицы, данные пески и почвы отличаются рядом благоприятных условий для существования и развития азотобактера. К числу их следует отнести:

1) условия аэрации, поскольку в механическом составе песков и почв преобладает фракция песка, а фракция «физической» глины не превышает 10—11%;

2) реакцию среды, которая хотя и является высокой (pH=8—9), но позволяет вполне нормально развиваться азотобактеру;

3) условия минерального питания растений, поскольку данные пески и почвы являются далеко не «бесплодными» и в отношении содержания минеральных солей, варируют от выщелоченных до сильно засоленных;

4) присутствие в песках и почвах сравнительно значительного количества органических веществ, достигающих местами и в отдельных слоях 0.8%.

[1] Цитировано по Федорову (1936).

[2] Анализы произведены в б. лаборатории микробиологии почв Почвенного института АН СССР И. Н. Сушкиной, которой автор выражает благодарность.

5) наличие в той или иной степени в песках и почвах извести ($CaCO_3$), которая, по имеющимся данным, оказывает положительное действие на развитие азотобактера.

На ряду с перечисленными факторами, являющимися в целом вполне удовлетворительными для развития азотобактера, как известно из предыдущего обзора литературы, чрезвычайно существенную, если не главную, роль играют условия увлажнения. В этом отношении некоторые основные климатические данные, в частности, водно-термический режим воздуха и почвы, а также свойства песков в отношении влаги и температуры среды, складываются далеко не положительно.

Грунтовые воды залегают не глубоко, но в силу слабого капиллярного подъема, они не оказывают влияния на увлажнение верхних слоев песка. Только в исключительных условиях (например, разрезы 103, 110) это влияние несомненно. Поэтому обычно в силу высокой температуры воздуха и почвы (доходящей на поверхности до 75° С), иссушения ветрами и пр. верхний 20—30-см слой песка и почвы обычно почти всегда бывает сухим и сыпучим. Ниже этой глубины песок-почва становится свежим или влажным, в зависимости от осадков и глубины грунтовых вод. Отмечающееся в ряде случаев чередование в верхней толще песка влажных и сухих слоев, повидимому, объясняется прошедшими осадками и, возможно, частично явлениями конденсационного характера.

Таким образом, для песков и песчаных почв исследованного района, на ряду с вышеуказанными положительными факторами, стимулирующими развитие азотобактера, налицо недостаток в верхних слоях влаги и высокая температура поверхности песка-почвы. При этом мощность сухого верхнего слоя песка обычно, вследствие неравномерного выпадения осадков, а следовательно, и колебания уровня грунтовых вод, часто достигает более значительных размеров, чем указано выше.

Возвращаясь к табл. 2, можно видеть, что из всех анализированных 53 образцов, взятых из 12 разрезов, наличие азотобактера установлено лишь в двух разрезах (103 и 110). Оба эти разреза, представляющие собой солончаковые глинистые пески (разрез 103) и сор (мокрый солончак) (разрез 110), отличаются от всех остальных условиями увлажнения. В том и другом случае они, вследствие неглубокого залегания грунтовой воды, являются влажными с поверхности, что, повидимому, носит постоянный характер. Из этих двух разрезов разрез 103 расположен у взморья Каспия и, помимо близости грунтовой воды, эти участки время от времени даже летом затопляются морской водой — от морян. Другой разрез (разрез 110) заложен на мокром солончаке окраины — соре, расположенном среди бугристо-барханных песков между ур. Мынтюбе и пос. Ганюшкино. Поверхность почвы лишена растительности и покрыта выцветами солей. Днище сора в центральной части, примерно в 50 м от разреза, покрыто солевой коркой с рапой под ней. Горькосоленая грунтовая вода находится неглубоко, вследствие чего почва бывает почти всегда увлажненной. Обильному увлажнению также способствует сток талых вод и периодически выпадающие дожди.

Анализируя почвенные условия данных двух разрезов, в которых обнаружено присутствие азотобактера, а также всех других, в которых он не обнаружен, мы склонны объяснить наличие азотобактера в двух вышеуказанных разрезах (103 и 110), главным образом, характером их увлажнения. В этом отношении наши данные вполне согласуются с данными большинства исследователей, не обнаруживших азотобактер в песках полупустынь и пустынь (Омелянский, Шелоумова, Берг, Шульгина — Берсенева — Норкина и др.). Они согласуются также с указаниями ряда исследователей (Кононова, Корсакова — Былинкина — Никитина, Берсенева и др.) о зависимости распространения азотобактера от состояния влаж-

Таблица 2

Результаты исследования песков и песчаных почв северного Прикаспия на присутствие азотобактера

№ разреза	Тип песка и почвы	Глубина в см	Глубина грунтовой воды и качество	Влажность	pH водной вытяжки	Частиц диаметром < 0.01 мм	Присутствие азотобактера	Гумус по Кнопу
1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	Среднебугристые полузаросшие псаммофитами пески (котловина)	0—10	2.10 Пресная	Сухой	8.0	5.2	Азотобактер отсутствует	Не определ.
		20—30		»	8.1	5.1		
		40—50		Свежий	8.0	6.5		
		70—80		Влажный	8.2	10.0		
		90—100		»	8.1	3.0		
		150—160		»	8.0	1.4		
101	Бурые глинистые пески с белополынной растительностью	0—10	—	Сухой	8.0	4.3	Азотобактер отсутствует	Не определ.
		20—30		»	8.0	5.5		
		40—50		Свежий	7.8	4.2		
		70—80		»	7.7	5.1		
103	Засоленные пески морского побережья с галофитной растительностью	0—10	0.8 Соленая	Влажный	7.7	4.6	Азотобактер обнаружен	Не определ.
106	Среднебугристые пески (котловина) с редкой псаммофитной растительностью	0—10	1.5 Пресная	Сухой	8.0	3.1	Азотобактер отсутствует	0.20
		20—30		»	8.1	4.0		0.13
		50—60		Свежий	8.1	3.8		0.16
		80—90		Влажный	8.2	3.7		0.34
		130—140		Сырой	7.9	4.3		0.34
108	Бурая солонцеватая песчаная почва с белополынной растительностью	0—10	—	Свежий	8.4	3.6	Азотобактер отсутствует	0.45
		20—30		»	8.4	3.2		0.42
		50—60		Сухой	8.3	4.0		0.68
		90—100		»	8.3	3.7		0.50
		150—160		»	8.3	3.9		0.32
109	Равнинные солончаковые пески с густой галофитной растительностью	0—10	1.56 Горько-соленая	Сухой	8.1	2.8	Азотобактер отсутствует	Не определ.
		20—30		Свежий	7.9	4.1		
		50—60		Влажный	7.7	3.8		
		90—100		Сырой	7.8	3.7		
		140—150		Мокрый	7.8	4.0		

Продолжение табл. 2

№ разреза	Тип песка и почвы	Глубина в см	Глубина грунтовой воды и качество	Влажность	pH водной вытяжки	Частиц диаметром < 0.01 мм	Присутствие азотобактера	Гумус по Кнопу
1	2	3	4	5	6	7	8	9
110	Сор (мокрый солончак) без растительности	0—10	0.8	Влажный	7.2		Азотобактер обнаружен	Не определ.
		40—50	Горько-соленая	Мокрый	7.5	11.3		
		90—100		»	7.5	11.1		
111	Низкобугристые пески с эфемерной растительностью	0—10	2.5	Сухой	8.5	4.1	Азотобактер отсутствует	0.58
		20—30	Горько-соленая	Свежий	8.3	3.4		0.41
		50—60		Сухой	8.3	3.1		0.40
		90—100		Свежий	8.3	3.2		0.59
		140—150		Влажный	8.3	3.3		0.78
		190—200		Сырой	8.4	3.9		0.35
		240—250		Мокрый	8.4	3.5		0.13
114	Равнинные солончаковые пески с галофитной растительностью	0—10	2.0 Соленая	Сухой	8.2	5.0	Азотобактер отсутствует	Не определ.
		25—35		Сухо-свежий	8.0	2.8		
		50—60		Свежий	7.9	4.9		
		90—100		Влажный	7.7	7.3		
		140—150		Сырой	7.9	6.7		
		190—200		Мокрый	7.9	4.5		
Б. 2	Бархатные пески (голые)	Гребень	—	Сухой	8.4	3.1	Азотобактер отсутствует	0.23
		Подошва подветр. склона		»	8.1	3.5		Не определ.
9	Среднебугристые пески (котловина) с зарослями солодки *(Glycyrrhiza)*	0—10	1.46 Пресная	Сухой	Не определ.	Не определ.	Азотобактер отсутствует	Не определ.
		20—30		»				
		70—80		Свежий				
		100—110		Влажный				
		140—150		Мокрый				
21	Среднебугристые пески с *Salix rosmarinifolia*	0—10	1.10 Пресная	Сухой	Не определ.	Не определ.	Азотобактер отсутствует	Не определ.
		20—30		Свежий				
		70—80		Свежевлажный				
		100—110		Мокрый				

ности почв. Чрезвычайно показательно в этом отношении исследование Кононовой (1927), обнаружившей азотобактер в недостаточно аэрированных и избыточно увлажненных почвах рисовых полей Средней Азии.

Расхождение наших данных с данными Самсонова, Самсоновой и Черновой, повидимому, объясняется несовершенством методики, которую применяли авторы, на что мы уже указывали выше.

Само собой разумеется, что установленное нами отсутствие азотобактера в исследованных песках и почвах не является доказательством их отсутствия вообще в данных песках и почвах. По всей вероятности, здесь азотобактер в том или ином количестве все же присутствует, но находится в «неактивном» состоянии. [1] Некоторым доказательством этому является обнаружение его в соре, расположенном среди массива сыпучих бугристо-барханных песков, где развитию азотобактера и его существованию в активной форме благоприятствует наличие необходимой влаги.

К сожалению, проверить это положение путем добавления энергетического материала и воды нам не представилось возможным.

ВЫВОДЫ

Изложенный выше материал позволяет сделать следующие выводы:

1. Пески полупустынь и пустынь отнюдь не являются «стерильными» в виду наличия в них значительного количества различных микроорганизмов.

2. Азотобактер в сыпучих песках полупустынь и пустынь в активном состоянии отсутствует. Причинами этого является, главным образом, недостаток влаги, а также, повидимому, и энергетического материала.

3. Азотобактер, как показывают наши данные, обнаруживается на увлажненных с поверхности (засоленных) глинистых песках и сорах, распространенных среди песков, где его существованию и развитию способствует, повидимому, наличие постоянного и достаточного количества влаги.

4. Присутствие азотобактера в солончаках и сорах, содержащих огромное количество легкорастворимых солей, показывает на весьма большую его солевыносливость.

5. Присутствие азотобактера в этих условиях может содействовать накоплению в них азота и, следовательно, способствовать улучшению азотного питания растений, в частности на солончаках.

ЛИТЕРАТУРА

Берсенева В. Тр. Института с.-х. микробиологии. ВАСХНИЛ, т. IV, вып. 2, 1930.

Бродский А. Л. и Бродский К. А. Изв. инст. почвоведения и геоботаники САГУ, вып. III, Ташкент, 1927.

Бродский А. и Янковская А. Почвоведение, № 1—2, 1930.

— Тр. САГУ, сер. XII-а, География, вып. 6, Ташкент, 1929.

Вильямс В. Р. Почвоведение. 4-е изд. М., 1940.

Дианова Е. и Ворошилова А. Микробиология, т. II, вып. 2, 1938.

Кононова М. М. Тр. Ак-каванской опытно-оросительной станции, вып. 7, Ташкент, 1930.

— Тр. Ак-каванской опытно-оросительной станции, вып. 5, Ташкент, 1927.

[1] Новогрудский и Наумова (1932), отмечая присутствие азотобактера в ряде почв в «неактивном» состоянии, объясняют это явление наличием каких-то факторов, препятствующих развитию активного азотобактера. Однако ряд исследователей в последнее время подвергает сомнению существование азотобактера в «неактивном» состоянии. Но, в виду специального характера данного вопроса, мы в его обсуждение здесь не входим.

Корсакова М., Былинкина В., Никитина Е. Тр. отдела с.-х. микробиологии ГИОА, т. II, 1927.
Корсакова М. Тр. Общ. микробиологии ГИОА, т. II, 1928.
Мишустин Е. И. Химизация соц. земледелия, № 11, 1937.
Новогрудский Д. и Наумова А. Микробиология, т. 1, вып. 2, 1932.
Омелянский В. Л. Связывание атмосферного азота почвенными микробами. Петроград, 1923.
Рихтер. Ученые записки Саратовского гос. унив., т. IV, вып. 1, 1925.
Самсонов П. Ф., Котова-Самсонова М. Ф. и Чернова А. Т. Тр. САГУ, серия XII-а. География, вып. 8, 1929.
Самсонов П. Ф., Самсонова М. Ф. и Чернов Т. А. Почвоведение, № 3—4, 1929.
Скворцов Ю. А. Тр. САГУ, серия XII-а, География, вып. 4, Ташкент, 1929.
Степанова. Тр. Отдела с.-х. микробиологии ГИОА, 3, 203, 1928.
Федоров М. В. Микробиология. Сельхозгиз, 1936.
Ферсман А. Е. Природа, № 5—6, 1926.
Шелоумова А. М. и Берг В. А. Изв. АН СССР. Отдел матем. и естеств. наук, VII серия, 1931.
Шульгина О., Берсенева В. и Поркина С. Тр. Инст. с.-х. микробиологии ВАСХНИЛ, т. IV, вып. 2, 1930.
Шульгина О. Тр. Отдела с.-х. микробиологии ГИОА, 2, 115, 1927.
Щербаков Д. И. Природа, № 7—8, 1926.
Beijerink. Centralbl. f. Bakt., II, Bd. 7, 1901.
Hilgard E. W. Soils. London, 1930.
Keuntner. Ber. der Deutsch. Bot. Ges., Bd. XXI, 1903.
Koch. Journ. f. Landwirtsch., v. 57, 1909.
Lipman C. B. and Burgess P. S. Centralbl. f. Bact., Abt. 2, Bd. 44, 1925.
Lipman C. B. and Sharp Z. T. Bot. Gaz., v. 59, 1915.
Omeliansky et Solounskoff M. Arch. des Biolog., t. 18, 1915.
Paulie E. E. Soil Science, v. 38, 5, 1934.
Snow M. Z. Soil Science, v. XXI, 2, 1926.
Warmbold H. Landwirtsch. Jahr., Bd. 36, 1906.
Williams O. B. Soil Science, v. XIX, 1925.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

СБОРНИК ПАМЯТИ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

П. А. ЛЕТУНОВ, П. Ф. МУЗЫЧУК, А. Н. ЛАПШИНА

ВСЕСОЮЗНЫЙ ИНСТИТУТ УДОБРЕНИЙ,
АГРОТЕХНИКИ И АГРОПОЧВОВЕДЕНИЯ

ПЕРЕДВИЖЕНИЕ СОЛЕЙ С КАПИЛЛЯРНО-ПОДВЕШЕННОЙ ВОДОЙ

На территории Саратовского сыртового Заволжья, намеченной к орошению, значительные площади заняты темнокаштановыми и каштановыми солонцеватыми почвами, имеющими соленосные горизонты на глубине 20—100 см от поверхности. В ряде случаев указанного типа каштановые и темнокаштановые почвы с глубинным засолением не испытывают непосредственного влияния грунтовых вод (обычно залегающих на глубине 10—25 м) на водный режим и динамику солей в почвенных горизонтах.

Развитие этой группы почв связано с условиями их залегания или по склонам к балкам и речным долинам, или на обширных выравненных пространствах древних речных террас, довольно высоко залегающих над современным уровнем речных систем. Не ставя своей задачей разбор в данной статье генезиса этих почв, отметим, что их развитие, на наш взгляд, объясняется современными условиями и процессами почвообразования. Гидрологический режим почв на склонах к балкам характеризуется меньшим усвоением атмосферных осадков и меньшей глубиной промачивания по сравнению с почвами выравненных водораздельных пространств. В связи с этим воднорастворимые соли, образующиеся в процессе выветривания и почвообразования, вмываются на меньшую глубину, чем на водоразделах.

Усиленная крутизной склона прогреваемость южных склонов влечет за собой интенсивное расходование влаги на испарение поверхностью почвы, и в условиях утраченной структурности каштановых солонцеватых почв, согласно теории акад. В. Р. Вильямса (1936), возникают усиленные восходящие волосные токи, поднимающие воднорастворимые соли с глубины их вмывания осенними осадками в верхние горизонты почвы. Тем самым, по акад. В. Р. Вильямсу, обеспечиваются условия для прогрессивного накопления в каштановых почвах воднорастворимых солей. Второй случай распространения солонцеватых каштановых почв связан с выравненными пространствами древних речных террас; на наш взгляд, их повышенное глубинное засоление связано с перераспределением солей при неравномерном увлажнении отдельных элементов древнеэоловского микрорельефа. В табл. 1 приводится состав водных вытяжек из нескольких разрезов этой группы почв и данные о содержании гумуса и карбонатной CO_2.

Из табл. 1 видно, что содержание воднорастворимых солей в этих почвах на глубинах 30—50 см и ниже достигает величин, недопустимых с точки зрения условий нормального развития сельскохозяйственных культур.

При решении вопроса о пригодности к орошению территорий с указанными почвами и разработке мероприятий по ведению на них орошаемого хозяйства неизбежным этапом является выяснение направления динамики солей под влиянием орошения.

Содержание общего гумуса по Кнопу, карбонатной CO_2 и состав водных вытяжек из речье Б. Иргиз — верховья р. Еруслана — р. Тарлык). Данные Заволж-

(в м-экв. на

№ разреза	Географическое положение. Высотная отметка и элемент рельефа	Название почвенной разновидности	Горизонт и глубина в см	Гигроскопич. H_2O в %	Общий гумус по Кнопу	CO_2 карбонатов
286	В 1.5 км на Ю от хутора Ракова. Древняя терраса р. Б. Иргиза 36 м	Долинная темно-каштановая средне солонцеватая, тяжелосуглинистая на лёссовидном суглинке	A 0—10	4.92	4.05	Не опр.
			B_1 20—30	3.9	2.21	» »
			B_2 30—38	3.0	1.85	3.4
			B_3 55—65	3.1	—	6.0
			C_k 90—100	3.8	—	6.9
			C_2 130—140	—	—	—
			C_3 190—200	—	—	—
			C_4 270—280	—	—	—
			C_4 320—330	—	—	—
			C_4 390—400	—	—	—
503	В 1.5—2 км на СВ от с. Елюзани. Древняя терраса р. Б. Иргиза. 30 м	Долинная каштановая, сильно солонцеватая, суглинистая, на хвалынской глине	A 0—23	6.0	2.92	Не опр.
			B_1 32—38	5.3	1.47	4.1
			BC 55—65	4.7	Не опр.	Не опр.
			C_1 105—115	4.1	» »	2.5
			C_2 185—195	3.2	» »	5.2
			C_3 230—240	—	» »	—
131	В 3—5 км на ЮВ от с. Обермонжу Древняя терраса р. Б. Карамана. Равнина. 69 м	Долинная темно-каштановая, солонцевато-солончаковатая, тяжелосуглинистая на лёссовидном суглинке	A 0—19	3.6	3.41	Не опр.
			B_1 27—35	4.5	1.50	2.5
			C_k 53—63	3.4	0.90	Не опр.
			C_2 84—100	—	—	6.4
			C_3 100—110	—	—	—
			C_3 120—140	—	—	—
			C_3 180—190	—	—	—
			C_4 240—250	—	—	—
			C_4 310—320	—	—	—
			C_4 390—400	—	—	—
7АА	На ВСВ от с. Романовка, на расстоянии 4.5 км. Третья терраса р. Б. Карамана 77.6 м	Долинная каштановая, солонцеватая, тяжелосуглинистая на лёссовидном легком суглинке	A 0—8	4.1	2.32	Не опр.
			B_1 18—26	5.0	1.61	0.06
			B_2 25—34	4.2	0.79	1.7
			C_k 36—42	4.3	0.73	7.1
			C_s 48—56	4.2	0.57	7.4
			C_s 64—72	—	—	—
			C_s 104—112	—	—	—
			C_s 136—144	—	—	—
			C 225—233	—	—	—
			C 390—398	—	—	—

Перемещение солей в этом случае, когда отсутствует непосредственное воздействие капиллярных токов, идущих от свободного зеркала грунтовых вод, будет обусловливаться, с одной стороны, процессами выноса солей сверху вниз, под влиянием просачивающихся осадков и поливных вод, а с другой — процессами переноса солей с поднимающейся снизу вверх почвенной влагой при подсыхании почвы и явлениями диффузного распространения солей.

Рядом исследований показана медленность диффузного передвижения солей и сравнительно незначительное количество солей, переносимых этим

Таблица 1

солонцеватых темнокаштановых и каштановых почв Саратовского Заволжья (междуской почвенно-мелиоративной экспедиции ВИУА.1 и СХИТ 1932 г.

100 г почвы)

Сухой остаток в %	Водорастворимый гумус в %	Общая щелочность в HCO_3	Щелочность от нормальных карбонатов	SO''_4	Cl'	Ca''	Mg''	Na'	Сумма анионов	Сумма щелочноземельных катионов	Сумма щелочных катионов
0.16	0.043	0.80	Нет	Следы	—	0.46	Следы	—	0.80	0.43	0.37
0.20	0.020	0.73	»	—	—	Следы	Нет	—	0.73	Следы	0.73
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.24	0.043	0.98	Нет	6.50	0.98	0.41	Следы	—	8.98	0.41	8.57
1.74	0.040	0.55	»	22.29	1.94	3.05	4.42	—	24.78	7.47	17.31
2.62	0.0098	0.60	»	33.75	1.43	10.70	6.96	—	35.78	17.66	18.12
1.22	0.002	0.72	»	16.71	0.62	0.65	1.92	—	18.05	2.57	15.48
1.31	0.004	0.75	»	16.92	0.59	0.85	1.83	—	18.27	2.68	15.59
1.06	0.006	1.10	»	12.92	0.51	0.25	0.69	—	14.53	0.94	13.59
1.09	0.004	1.04	»	14.37	0.39	0.50	1.00	—	15.81	1.50	14.31
0.98	0.044	0.98	Нет	Следы	Следы	Не опр.	Не опр.	—	0.98	Не опр.	Неопр.
0.18	0.026	1.30	—	»	»	0.40	Следы	—	1.30	0.40	0.90
1.98	0.008	0.38	—	19.58	6.48	12.50	8.08	—	26.44	20.58	5.86
0.98	0.008	0.44	—	5.46	9.01	1.80	3.50	—	14.91	5.30	9.61
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.32	0.010	0.56	—	1.06	3.66	0.70	1.17	—	5.28	1.87	3.41
0.09	0.053	0.51	Нет	0.15	0.14	0.60	0.17	—	0.80	0.77	0.03
—	0.014	—	»	—	—	—	—	—	—	—	—
0.35	0.015	1.05	»	0.21	3.05	0.50	0.50	—	4.31	1.00	3.31
0.75	0.016	0.77	»	7.04	3.81	0.35	0.74	—	11.62	1.09	10.53
2.22	—	0.31	»	23.60	3.59	11.50	5.62	—	27.50	17.12	10.38
1.42	—	0.54	»	17.69	2.40	3.15	3.31	—	20.63	6.46	14.17
1.16	0.015	0.61	»	13.72	3.36	1.60	1.82	—	17.69	3.42	14.27
0.89	0.018	0.48	»	9.50	4.12	0.55	0.66	—	14.10	1.21	12.89
1.02	0.010	0.51	»	7.31	3.98	0.50	0.50	—	11.80	1.00	10.80
0.58	0.011	1.00	»	5.54	2.88	0.30	0.41	—	9.42	0.71	8.71
0.20	0.0057	0.56	Нет	1.46	0.20	0.50	0.66	1.26	2.21	1.16	1.26
0.42	0.0160	1.20	»	3.48	0.39	0.50	0.82	2.70	5.07	1.32	2.70
0.32	0.0171	—	»	2.00	—	0.30	0.49	4.24	2.00	0.79	4.24
1.09	0.0098	0.97	»	10.63	2.82	1.55	1.39	9.81	14.41	2.94	9.81
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.93	0.0047	1.12	Нет	8.58	2.25	7.00	1.07	10.55	11.98	8.07	10.55
1.23	0.0026	0.84	»	12.27	3.41	1.00	1.64	12.22	16.51	2.64	12.22
2.44	0.0021	0.56	»	29.46	2.82	12.35	4.75	12.63	32.83	17.10	12.63
1.02	0.0021	0.92	»	8.85	3.66	1.10	1.48	11.30	13.43	2.58	11.30
0.52	0.0021	1.16	»	3.77	1.94	0.45	0.71	5.13	6.88	1.16	5.13

путем. Об этом говорят работы В. А. Иванова (1930), А. А. Шошина (1929), Wheeting (1925) и отчасти А. Ф. Лебедева (1931). Работы В. А. Чернова, С. И. Долгова (1937) дают подход к выявлению количественных зависимостей, отображающих ход диффузного перемещения солей в почвах.

Менее ясен и менее изучен вопрос о возможной интенсивности и условиях поднятия солей с волоснопередвигающимся почвенным раствором.

Между тем характер передвижения солей под влиянием поливов в почвах с близким залеганием соленосных горизонтов является одним из важнейших факторов для определения величины поливных норм и всей техники

поливного хозяйства. В почвенно-мелиоративной литературе нередко можно встретить указания на то, что в подобных условиях следует применять малые поливные нормы с тем расчетом, чтобы не допускать промачивания поливной водой солеиосных горизонтов (Кригер Р. Э., 1937). Предполагается, что при этом условии водорастворимые соли не смогут подняться в поверхностные горизонты.

Однако в полевых условиях, при залегании солеиосных горизонтов в пределах первого метра, предохранить их от увлажнения поливными водами даже при малых поливных нормах практически вряд ли возможно. Поданная сверху вода распределяется в верхних горизонтах почвы в соответствии с ее водоудерживающей способностью, для каштановых и темно-каштановых суглинков Заволжья колеблющейся обычно в пределах 35—40% от объема почвы. Как показывают данные многочисленных определений водоудерживающей способности, произведенных Заволжской экспедицией ВНУАА и б. СХИТ (1932—1933), и данные А. П. Иванова (1920), после однократного полива большой нормой переход от увлажненных до водоудерживающей способности горизонтов почвы к нижележащим, не получившим увлажнения, происходит сравнительно постепенно, растягиваясь на 20—30 см, а в некоторых случаях и больше. Происходит это потому, что под влиянием капиллярных сил влага постепенно передвигается из слоев более влажных в более сухие. Экспериментальные подтверждения данному положению можно найти в работах Лебедева (1931) и Куртякова (1933). Поэтому каждый последующий полив может передвигать небольшое количество воды глубже расчетной глубины промачивания.

Таким образом, в результате систематических поливов малыми нормами неглубоко лежащие солеиосные горизонты даже при самых строгих дозировках воды со временем могут получить некоторое увлажнение.

В этих условиях соли уже получают возможность некоторого передвижения кверху.

Прежде всего передвижение солей кверху будет обусловлено явлением диффузии из нижних осолоненных горизонтов с высокой концентрацией солевого раствора в вышележащие незасоленные слои с низкой концентрацией почвенного раствора. Это передвижение, как известно из вышеназванных работ, происходит довольно медленно и количественно выражается сравнительно небольшими величинами.

Но возможности поднятия солей не исчерпываются диффузными процессами. А. Ф. Лебедев (1931) в своей работе о почвенно-грунтовых водах, рассматривая условия передвижения подвешенной воды в правильном капилляре, пришел к выводу, что при подсыхании поверхности почвы поднятия капиллярно-подвешенной воды произойти не может. Снижение поверхностного натяжения воды в верхней части капилляра под влиянием более высокой температуры должно повести за собой (по Лебедеву) не поднятие, а опускание подвешенного столба воды. На основании этого А. Ф. Лебедев высказал соображение, что в засушливых областях, в районах с глубокими грунтовыми водами, не могут реализоваться восходящие токи при подсыхании почвы после дождей, а следовательно, не может иметь место и поднятие солей в верхние горизонты почвы.

Правильные соображения А. Ф. Лебедева в отношении однородного капилляра нельзя, однако, считать безоговорочно приложимыми к условиям передвижения воды в почвах.

Акад. В. Р. Вильямс в этом вопросе высказывает диаметрально противоположный взгляд, связывая возможность поднятия воды с состоянием структурности почвы. Бесструктурные почвы засушливых районов имеют только волосные промежутки между частицами почвы. В силу этого вода в такой почве может передвигаться только под влиянием волосности, не подчиняясь ни силе тяжести, ни гидростатическому давлению. Направление

и скорость передвижения воды в такой почве определяются только разностью потенциалов ее влажности. При подсыхании поверхности почвы в ней может осуществиться восходящий ток воды, причем его скорость зависит от быстроты высыхания поверхности почвы, может быть равномерной или равномерно ускоренной, и затухает только по мере высыхания почвы. В противоположность взглядам проф. А. Ф. Лебедева академик В. Р. Вильямс отмечает, что после окончания дождя, «весь запас воды такой почвы устремляется к поверхности и испаряется» (1936). В почве структурной запас воды, наоборот, не может передвигаться к поверхности почвы, так как волосные промежутки отдельных комков разделены между собой более крупными капиллярами, чем капилляры комков.

В развитие взглядов акад. В. Р. Вильямса необходимо привести следующие соображения.

В природе нельзя встретить почву, имеющую капиллярные промежутки совершенно одинаковых размеров по всей высоте того или иного слоя. В действительности почвенная масса пронизана сетью самых разнообразных по размерам капиллярных и некапиллярных скважин. Если принять во внимание это обстоятельство, то мы можем прийти к выводу, что при некоторых степенях иссушения верхнего горизонта в нем могут освободиться от воды не только крупные, но и часть мелких капилляров. В результате создастся такое положение, когда в верхнем подсыхающем горизонте мелкие капилляры будут свободны от воды, тогда как в соседнем нижнем слое более крупные капилляры будут заполнены водой. При наличии сообщений между ними разность лапласовых давлений в мелких капиллярах верхнего слоя и крупных капиллярах нижнего обусловит возможность капиллярных токов воды из нижних горизонтов и вынос растворенных в ней солей.

Эти условия передвижения воды и солей будут сохраняться до момента перехода почвенной влаги в пендулярное состояние (влажность ниже 20—30% по объему. См. Green, 1931; Кин, 1933; Долгов, 1937 и др.).

На границе перехода почвенной воды в пендулярное состояние, когда отдельные водяные клинья, находящиеся в стыках почвенных частиц, еще не потеряли сообщения друг с другом, также должно происходить передвижение воды в жидкой форме из влажных в сухие горизонты. Возможность этого передвижения обусловливается тем, что уменьшение внутреннего давления воды, находящейся в стыках почвенных частиц, тем сильнее, чем больше радиус кривизны поверхности водяного клина в стыках частиц, т. е. чем почва суше (см. Green, 1931; Кин, 1933).

Эти соображения заставляют предполагать, что при подсыхании поверхности почвы, увлажненной поливом, должно происходить постепенное передвижение влаги кверху и в том случае, если капиллярные токи грунтовой воды не достигают увлажненного слоя. В известных пределах (пока влажность сухого слоя не уменьшится настолько, что произойдет разрыв пленки между клиньями воды в стыках отдельных частиц) это передвижение будет тем интенсивнее, чем больше градиент влажности между соседними слоями.

В результате этого процесса может осуществиться и капиллярный подъем солей в поверхностные горизонты.

Возможность засоления поверхностных горизонтов до степеней, вредящих развитию культур, в результате поливов будет зависеть от ряда условий, в числе которых немаловажную роль будет играть первоначальная глубина залегания осолоненных горизонтов, количество солей в них, интенсивность промывания солей нисходящим током воды в процессе впитывания поливной воды, в свою очередь зависящая от размеров поливной нормы, интенсивность испарения воды поверхностью почвы и впитывания воды корневой системой растений, температурные условия и др.

В излагаемых ниже экспериментах мы попытались подтвердить взгляды акад. В. Р. Вильямса о возможности поднятия солей с капиллярно-подвешенной водой при подсыхании поверхности бесструктурной почвы и отчасти выяснить влияние на результаты этого процесса размера поливных норм.

Опыты были поставлены в стеклянных трубках высотою в 100 см и диаметром в 5 см. Для удобства последующих определений влажности и распределения солей по слоям трубки каждая трубка составлялась из 5 звеньев высотой по 20 см. Оба конца каждого звена тщательно притирали; для предохранения от просачивания и испарения воды в стыках звеньев места их контакта снаружи заливали парафином, поверх которого надевали кусок каучуковой трубки шириной около 2 см.

Для опыта был взят горизонт А темнокаштановой, тяжелосуглинистой незасоленной почвы с водораздела рек Еруслан и Б. Караман из Заволжья (разрез 817 экспедиции ВНУАА). Представление об исходной засоленности почвы дает табл. 2. Максимальная гигроскопичность взятой почвы 10.02%; полевая влагоемкость 32.3%.

Взятую для опыта почву растирали, просеивали через сито в 1 мм и равномерно перемешивали с NaCl, внесенным в сухом виде из расчета засоления почвы до 2% к абсолютно сухому весу.

Искусственно засоленную почву набивали в трубки до высоты 60 см. Сверху этого слоя набивали слой в 30 см незасоленной почвы. Таким образом, в трубках были созданы модели почв, имеющих засоление с глубины 30 см. Почву в трубках уплотняли до объемного веса 1.4. При набивке в трубки засоленной почвы из каждого слоя в 5 см брали пробы почвы для анализа на Cl' с целью установить равномерность засоления трубки перед экспериментом.

Таблица 2

Данные трехминутной водной вытяжки из исследуемого образца почвы

Глубина слоя	Сухой остаток в % от абсолютно сухой почвы	Водорастворимые соли в м-экв. на 100 г почвы						
		общ. щелочность в HCO_3'	Cl'	SO_4	$Ca^{\cdot\cdot}$	$Mg^{\cdot\cdot}$	$Na^{\cdot}+K^{\cdot}$	общий гумус в%
0—20	0.0680	0.64	0.085	Нет	0.38	0.12	0.23	3.72

Схема опыта состояла в следующем:

I серия — полив проводился таким количеством воды, которое необходимо для увлажнения до водоудерживающей способности верхнего слоя почвы 0—30 см.

II серия — полив проводился с расчетом увлажнения до водоудерживающей способности слоя 0—60 см.

В каждой серии имелись параллельные варианты:

а) со свободным испарением воды поверхностью почвы и

б) защищенные от испарения влаги с помощью надетых на верхний конец трубок специальных каучуковых колпаков. Для изучения процесса передвижения воды и хлоридов трубки в определенные сроки разбирали и в образцах почвы, взятых послойно через 5 см, определяли влажность высушиванием в термостате и Cl' титрованием водной вытяжки. Определение влажности и хлоридов проводилось по каждому варианту в следующие сроки: 1) в момент окончания впитывания заданного количества воды, 2) через месяц после этого срока, 3) через два месяца после первого срока (после подсыхания почвы), 4) через 3 месяца после первого срока.

Для каждого срока вскрытия во всех вариантах ставилось по две трубки для того, чтобы избежать случайных отклонений в распределении влажности и Cl'. Таким образом, в каждой серии было поставлено по 16 трубок.

Эта схема исследований позволила: 1) проверить возможность передвижения капиллярно-подвешенной воды и растворенных в ней солей кверху по мере подсыхания поверхности почвы; 2) выявить относительное значение диффузного поднятия солей в этом процессе и 3) учесть, как влияют разные поливные нормы на поднятие солей при их близком залегании к поверхности почвы, но при отсутствии контакта с грунтовыми водами.

Все трубки залили водой одновременно, и с момента заливки вели регулярные наблюдения за глубиной промачивания почвы.

В отдельных трубках 2 серии проведено определение обменных оснований и механический анализ методом пипетки с подготовкой почвы 12-часовым кипячением. Механический анализ проводили с целью уловить изменения, происшедшие в незасоленном слое и в верхней части засоленного слоя (30—35 см) после промывки их некоторым количеством воды. Определение обменных Ca и Mg проведено по методу Vassiliadis, обменного Na — по Гедройцу.

Перейдем к рассмотрению данных, полученных нами по проведенному эксперименту.

Как указывалось выше, в период впитывания воды проводились наблюдения за скоростью промачивания почвы в трубках. Отсчеты проводились вначале через 15 мин., в дальнейшем, по мере уменьшения скорости промачивания интервал между отсчетами был увеличен до суток и более (табл. 3).

Таблица 3

Скорость промачивания почвы в см/час

Время наблюдений \ № трубки	1	13	10	5	4	6	3	9	Глубина промачивания в см
30 мин.	20.0	19.0	16.0	20.0	20.0	15.0	20.0	19.0	—
1 час. —	4.8	8.2	6.0	4.6	7.8	5.0	6.0	8.2	—
1 » 20 мин.	4.2	6.6	4.4	4.4	5.8	5.2	4.4	5.0	—
2 » 30 »	3.5	4.7	3.2	4.0	4.1	3.2	4.0	4.3	—
3 » 30 »	2.8	3.9	2.2	3.2	3.5	2.4	3.2	3.6	—
4 » 30 »	2.6	3.9	2.3	3.1	3.4	2.1	3.4	3.7	—
5 » 40 »	2.5	3.1	2.2	3.6	3.3	2.4	3.0	3.0	50
20 »	0.7	0.2	0.7	0.4	0.4	0.8	0.4	0.3	36
22 »	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	36.5
27 »	0.1	0.05	0.07	0.05	0.1	0.1	0.07	0.07	37
92 »	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	—
188 »	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	—
308 »	0.03	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	—
452 »	0.03	0.02	0.02	—	0.02	0.02	0.02	—	—

Как видно из табл. 3, быстрое промачивание почвы в начале опыта, когда вода просачивалась через слой незасоленной почвы, резко замедлилось с момента проникновения воды в верхнюю часть засоленного NaCl слоя почвы, продолжая замедляться и далее до конца впитывания.

Резкое изменение скорости промачивания по вступлении воды в засоленный слой объясняется происшедшим осолонцовыванием, увеличением дисперсности и набухания верхней его части в результате отмывания части хлористого натра.

Осолонцовывание верхней части засоленного слоя можно видеть из данных определения обменных оснований и механического состава в незасоленном и засоленном слоях почвы после впитывания воды (табл. 4 и 5).

Таблица 4

Количество обменных оснований в исследуемых почвах (трубка № 6)

Глубин в см	В м-экв. на 100 г абсолютно сухой почвы			В % от емкости		
	$Ca^{\cdot\cdot}$	$Mg^{\cdot\cdot}$	$Na^{\cdot}$	$Ca^{\cdot\cdot}$	$Mg^{\cdot\cdot}$	$Na^{\cdot}$
10—15	27.02	15.22	2.15	60.87	34.29	4.84
25—30	26.23	14.81	2.21	60.65	34.24	5.11
30—35	20.94	13.19	6.13	52.01	32.76	15.23

Таблица 5

Данные механического анализа при диспергации 12-часовым кипячением (без химической подготовки) в % к весу всей почвы

№ трубки	Глубина в см	Фракции в мм				
		1—0.05	0.05—0	0.01—0.005	0.005—0.001	< 0.0001
6	10—15 . .	7.06	42.38	13.45	23.16	13.95
	25—30 . .	5.97	41.73	12.86	25.76	13.68
	30—35 . .	1.01	38.73	9.94	17.71	32.61
Первоначальная почва [1]	—	0.12	46.29	8.98	13.85	33.40

Из приведенных данных видно, что после промывания верхней части засоленного слоя (30—35 см) произошло увеличение как обменного натрия, так и выхода илистой фракции почвы.

Данные по распределению влажности в обеих сериях трубок представлены в табл. 6 и 7 (см. стр. 255).

Просматривая изменения влажности по различным срокам вскрытия в 1-й серии трубок, политых меньшей поливной нормой, можно видеть, что в продолжение первых двух месяцев наблюдений происходило просачивание воды в нижние горизонты. На третьем месяце оно прекратилось.

В трубках, не защищенных от испарения, промачивание протекало менее интенсивно. Так, в трубках, защищенных от испарения, через два месяца по исчезновении воды с поверхности граница смоченного слоя почвы достигала 60 см, в то время как в трубке, не защищенной от испарения, она равнялась 50 см, и степень увлажнения последней была значительно ниже (в слое 45—50 см 13.87% против 20.67%).

То же самое можно отметить и для последнего срока наблюдений. При одной и той же величине заданного количества воды влажность слоев в трубках одного срока вскрытия, защищенных от испарения и не защищенных, различна уже через месяц по исчезновении воды с поверхности. Еще более это различие увеличивается в последующие сроки вскрытия. При малых изменениях влажности во времени в закрытых трубках, в открытых все

[1] По методу Робинзона с обработкой почвы HCl и диспергацией NaOH

Таблица 6

Послойная влажность в различные сроки при увлажнении почвы до глубины 30 см

(в % от абсолютно сухой почвы)

Время вскрытия / Глубина в см	Варианты, не защищенные от испарения				Варианты, защищенные от испарения		
	по исчезновении воды с поверхности	через 1 месяц	через 2 месяца	через 3 месяца	через 1 месяц	через 2 месяца	через 3 месяца
0—10	36.49	29.25	18.82	12.06	30.89	29.53	28.69
10—15	36.90	28.27	23.38	21.70	29.97	29.40	27.81
15—20	36.92	27.50	23.74	22.32	29.53	29.04	27.47
20—25	34.54	27.71	23.83	22.40	29.61	28.77	27.13
25—30	35.59	26.38	24.19	22.42	29.26	28.53	27.42
30—35	24.43	26.65	23.38	22.76	27.69	28.39	26.13
35—40	8.30	21.83	20.01	19.67	25.55	24.64	22.69
40—45	—	17.54	18.02	18.39	19.75	22.57	20.48
45—50	—		13.87	15.21	18.06	20.67	18.32
50—60	—	8.67	9.02	9.89	9.24	17.31	15.21
60—70	—	8.12	7.76	7.95	8.64	8.73	8.02
Первоначальная влажность	8.20	8.20	8.20	8.20	8.20	8.20	8.20

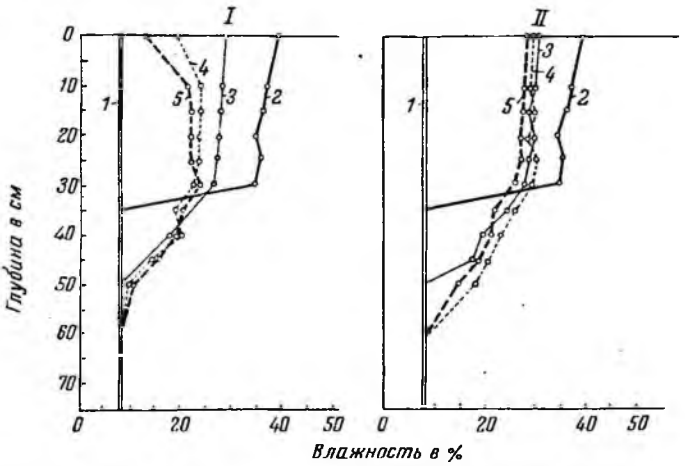
Таблица 7

Послойная влажность в различные сроки при увлажнении почвы до глубины 60 см

(в % от абсолютно сухой почвы)

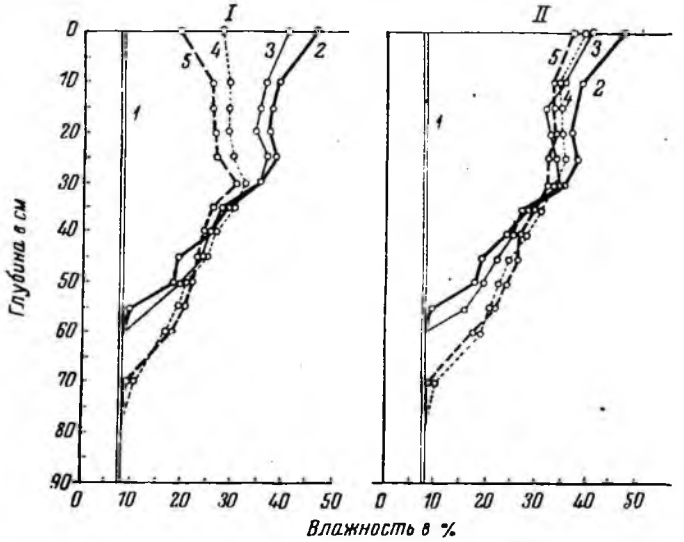
Время вскрытия / Глубина в см	Варианты, не защищенные от испарения				Варианты, защищенные от испарения		
	по исчезновении воды с поверхности	через 1 месяц	через 2 месяца	через 3 месяца	через 1 месяц	через 2 месяца	через 3 месяца
0—10	47.47	41.12	28.25	20.10	45.39	39.39	38.06
10—15	39.20	36.48	29.25	25.84	34.94	34.39	34.18
15—20	38.07	35.33	29.01	26.63	32.72	34.44	33.86
20—25	36.90	34.54	29.08	26.68	32.50	34.16	33.20
25—30	38.02	36.60	29.79	26.91	33.62	35.54	32.75
30—35	35.01	35.12	32.85	31.62	34.39	33.75	33.46
35—40	28.38	28.09	28.46	26.20	27.65	29.54	29.61
40—45	24.77	25.70	25.56	24.51	25.27	26.94	27.07
45—50	19.55	23.49	23.64	23.63	22.94	25.93	26.08
50—55	18.05	19.63	21.05	20.59	19.49	23.00	23.29
55—60	8.71	13.87	19.67	19.48	16.76	20.87	21.65
60—70	8.70	8.14	17.11	17.21	8.19	18.89	18.57
70—80	8.43	7.50	9.16	9.32	8.43	9.57	9.14
80—90	8.03	7.73	8.42	8.16	8.22	9.40	8.16
Первоначальная влажность	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5

время происходит уменьшение влажности в слое 0—40 см в силу испарения с поверхности. Все эти изменения хорошо иллюстрируются фиг. 1.



Фиг. 1. Кривые изменения влажности в трубках по отдельным срокам вскрытия.

Промачивание из расчета водоудерживающей способности 30-сантиметрового слоя: *I* — с открытой поверхностью; *II* — с закрытой поверхностью: *1* — первоначальная влажность в трубке; *2* — влажность по исчезновении воды с поверхности; *3* — влажность через месяц после исчезновения воды с поверхности; *4* — то же через 2 месяца; *5* — то же через 3 месяца.



Фиг. 2. Кривые изменения влажности в трубках по отдельным срокам вскрытия.

Промачивание из расчета водоудерживающей способности 60-сантиметрового слоя: *I* — с открытой поверхностью; *II* — с закрытой поверхностью: *1* — первоначальная влажность в трубке; *2* — влажность по исчезновении воды с поверхности; *3* — влажность через месяц после исчезновения воды с поверхности; *4* — то же через 2 месяца; *5* — то же через 3 месяца.

Во второй серии трубок, политых большей поливной нормой, динамика влажности аналогична с первой серией. Повышенная норма увлажнения естественно вызвала более глубокое промачивание почвы и обусловила более высокую степень влажности увлажненного слоя. Просачивание воды здесь продолжалось в течение 2 месяцев после исчезновения воды с поверхности почвы (фиг. 2).

В серии трубок со свободным испарением обращает на себя внимание несколько повышенная влажность слоя 30—35 см в последние сроки наблюдений. Осолонцовывание этого слоя сказалось и на более медленном его высыхании при испарении воды с поверхности, благодаря повышенной влагоемкости более дисперсного осолонцованного горизонта.

Испарением в этой серии трубок затронут, главным образом, слой 0—30 см. Как можно видеть из табл. 8, в которой представлены изменения абсолютного запаса воды в незасоленной и засоленной частях трубок, в первые 2 месяца расход воды верхним слоем шел двумя путями: часть воды испарялась, и частично продолжалось просачивание воды в нижний засоленный слой 30—70 см. Последний срок наблюдений показывает значительную потерю воды и из нижней части трубки: подсыхание верхних горизонтов к этому сроку вызвало поднятие воды из нижней части трубки в верхнюю и ее испарение.

В трубках, политых из расчета увлажнения 30-сантиметрового слоя, поднятие воды из нижней части трубки отмечено на втором месяце; за третий месяц наблюдений заметных изменений в запасе влаги в нижней части не произошло. Общее количество испарившейся воды за трехмесячный период одинаково в обеих сериях трубок (130.9 и 129.9 см³).

Таблица 8

Баланс воды в трубках со свободным испарением

(в см³)

Глубина в см	Промачивание на глубину 30 см					Промачивание на глубину 60 см				
	прибавилось воды от полива	изменения в количестве воды				прибавилось воды от полива	изменения в количестве воды			
		за 1-й месяц	за 2-й месяц	за 3-й месяц	всего за 3 месяца		за 1-й месяц	за 2-й месяц	за 3-й месяц	всего за 3 месяца
0—30	264.3	—68.7	—64.4	—40.8	—173.9	317.1	—56.2	—61.1	—56.4	—173.7
30—70	25.7	+52.5	—13.5	+ 4.0	+ 43.0	124.6	+24.9	+38.4	—19.5	+ 43.8
Испарилось	—	16.2	77.9	36.8	130.9	—	31.3	22.7	57.9	129.9

Таблицы 9 и 10 и фиг. 3—5 показывают характер передвижения хлористого натрия под влиянием полива и последующего высыхания.

Рассмотрение этих данных показывает, что в трубках с увлажнением до глубины 30 см (табл. 9 и фиг. 3) по мере просачивания воды вниз происходит заметное опреснение верхней части солеиосного горизонта.

В момент окончания впитывания воды с поверхности почвы, когда поливная вода только достигла слоя 30—35 см, заметного выноса Cl′ еще не происходит. Второй и третий сроки наблюдений дают заметное опреснение почвы до глубины 40 и 45 см. Глубже этих слоев наблюдается вмыв Cl′, вынесенного сверху. Третий срок наблюдений почти не показывает выноса Cl′ из засоленного слоя. Увлажнение почвы поливом, на ряду с вмывом хлоридов нисходящим током воды в процессе ее впитывания, создало условия для проявления процессов диффузного переноса солей. Серия трубок, защищенных от испарения (табл. 9), показывает, что после сильного вымывания NaCl из слоя 30—35 см первыми порциями просачивающейся воды (с 2.8% до 0.234%) начался обратный диффузный подъем солей

Таблица 9

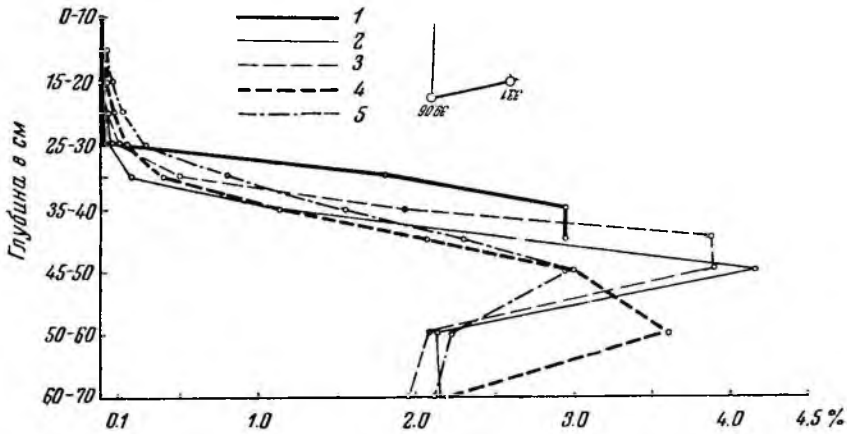
Распределение NaCl *по слоям в различные сроки вскрытия в сравнении с первоначальным его распределением*

(в г на 100 г абсолютно сухой почвы)

(увлажнение до водоудерживающей способности слоя 0—30 см)

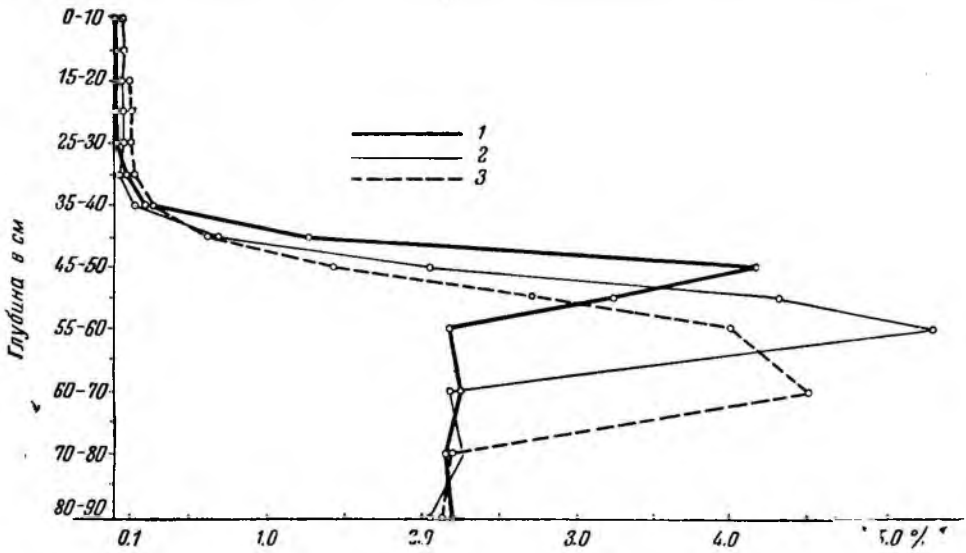
Глубина в см	Вскрыта по исчезновении воды с поверхности		Варианты, не защищенные от испарения						Варианты, защищенные от испарения					
			Через 1 месяц		Через 2 месяца		Через 3 месяца		Через 1 месяц		Через 2 месяца		Через 3 месяца	
	первоначальное содержание	после вскрытия	первоначальное содержание	после вскрытия	первоначальное содержание	после вскрытия	первоначальное содержание	после вскрытия	первоначальное содержание	после вскрытия	первоначальное содержание	после вскрытия	первоначальное содержание	после вскрытия
0–10	0.007	0.009	0.007	0.008	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.008	0.007	0.008	0.007	0.008
10—15	0.007	0.009	0.007	0.008	0.007	0.008	0.007	0.015	0.007	0.008	0.007	0.008	0.007	0.008
15—20	0.007	0.009	0.007	0.008	0.007	0.027	0.007	0.034	0.007	0.008	0.007	0.008	0.007	0.023
20—25	0.007	0.008	0.007	0.012	0.007	0.070	0.007	0.149	0.007	0.008	0.007	0.025	0.007	0.050
25—30	0.007	0.009	0.007	0.06	0.007	0.280	0.007	0.250	0.007	0.043	0.007	0.064	0.007	0.132
30—35	2.175	2.120	2.260	0.314	2.224	0.789	2.075	0.743	2.080	0.234	2.889	0.320	2.153	0.405
35—40	2.175	2.230	2.260	1.878	2.224	1.703	2.075	1.464	2.080	1.211	2.889	1.007	2.153	1.097
40—45	2.187	2.230	2.120	3.786	2.931	2.882	2.025	2.183	2.071	3.087	2.175	2.163	2.089	2.077
45—50	2.187	—	2.120	3.786	2.931	3.183	2.025	2.779	2.071	4.139	2.175	3.467	2.089	2.976
50—60	—	—	2.130	2.143	2.239	2.232	1.834	1.905	2.129	2.176	2.253	4.242	2.189	3.778
60—70	—	—	2.200	2.094	2.200	2.296	2.140	2.096	2.107	2.150	2.206	2.389	2.095	2.162

(в течение второго месяца), происходивший против нисходящего тока воды; содержание NaCl в этом слое во второй месяц наблюдений увеличилось до 0.32% и за третий — до 0.4%. В верхнем слое незасоленной почвы также происходит постепенное накопление солей. За первый месяц после увлажнения почвы происходит диффузное поднятие в слой 25—30 см (содержание



Фиг. 3. Кривые изменения содержания NaCl в трубках с различными сроками вскрытия (увлажнение до 30 см):

1 — вскрыта в момент исчезновения воды с поверхности; *2* — вскрыта через 1 месяц, почва защищена от испарения; *3* — вскрыта через 1 месяц, со свободным испарением с поверхности почвы; *4* — вскрыта через 3 месяца, почва защищена от испарения; *5*—вскрыта через 3 месяца, со свободным испарением с поверхности почвы.



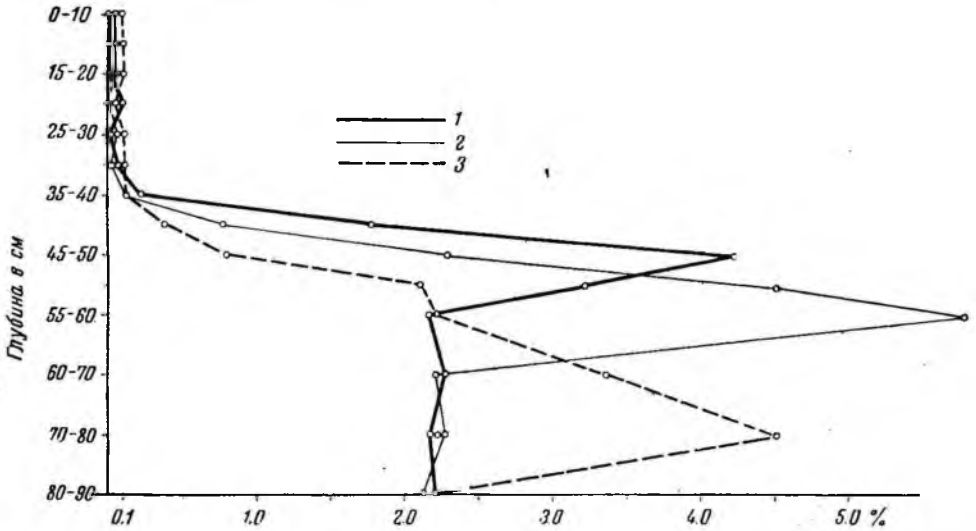
Фиг. 4. Кривые изменения содержания NaCl в трубках (не защищенных от испарения) с различными сроками вскрытия (увлажнение до 60 см):

1 — вскрыта в момент исчезновения воды с поверхности; *2* — вскрыта через месяц; *3* — вскрыта через 3 месяца.

NaCl увеличилось с 0.007 до 0.043%); за второй месяц диффузное поднятие достигает слоя 20—25 см (увеличение до 0.05%) и за третий месяц — слоя 15—20 см (увеличение до 0.023%).

За это же время идет дальнейшее увеличение содержания и в слоях 25—30 и 20—25 см.

Трубки со свободным испарением воды (табл. 9 и фиг. 2) при промачивании на 30 см дают более интенсивное поднятие солей, чем в закрытых трубках. Прежде всего наблюдается меньшая интенсивность вымывания солей нисходящим током из слоя 25—45 см. В слое 30—35 см, после первоначального уменьшения содержания солей с 2.26% до 0.31%, происходит более энергичное накопление, чем в защищенных трубках (до 0.78 и 0.74% по сравнению с 0.32 и 0.40%). В верхней незасоленной части трубки к концу первого месяца соли достигают слоя 20—25 см, к концу второго — 15—20 см и к концу третьего — 10—15 см. Таким образом, при свободном испарении поднятие хлористого натра произошло на большую высоту, чем в закрытых трубках. Количество поднявшейся соли, как видно из табл. 9, в этом случае значительно (в 2—4 раза) больше, чем в закрытых от испарения трубках, где поднятие солей могло происходить исключительно диффузным путем.



Фиг. 5. Кривые изменения содержания NaCl в трубках (защищенных от испарения) с различными сроками вскрытия (увлажнение до 60 см):

1 — вскрыта в момент исчезновения воды с поверхности; *2* — вскрыта через 1 месяц; *3* — вскрыта через 3 месяца.

В трубках, политых из расчета промачивания слоя в 60 см (табл. 10), произошло более значительное опреснение верхней части засоленного слоя. Первое же наблюдение показывает значительное уменьшение количества NaCl в слое 30—40 см, и частичное — в слое 40—45 см. Продолжавшееся в следующие 2 месяца просачивание воды дает дальнейшее уменьшение содержания солей до глубины 50 см, а при отсутствии испарения — до 55 см.

Солевой максимум, создавшийся в результате перераспределения солей поливом, последовательно снижается от 45—50 см в первый срок наблюдений до 55—60 см во второй и 60—70 см в третий и четвертый сроки (фиг. 4).

В трубках, закрытых от испарения, процесс выноса продолжается весь период наблюдений по всем слоям засоленной части трубки, кроме самого верхнего слоя 30—35 см. В последнем после выноса солей первыми порциями просочившейся воды замечается накопление солей диффузным путем, а именно — их содержание с 0.027% в конце первого месяца повысилось до 0.060% к концу второго и 0.091% — к концу третьего (фиг. 5).

Более глубокое вымывание солей и более сильное уменьшение их концентрации в верхней части засоленного слоя обусловили то, что в серии

Таблица 10

Распределение NaCl *по слоям в различные сроки вскрытия в сравнении с первоначальным его распределением*

(в г на 100 г абсолютно сухой почвы)

(увлажнение до водоудерживающей способности слоя 0—60 см)

Глубина в см	Варианты, не защищенные от испарения								Варианты, защищенные от испарения					
	Вскрыты по исчезновении воды с поверхности		Через 1 месяц		Через 2 месяца		Через 3 месяца		Через 1 месяц		Через 2 месяца		Через 3 месяца	
	первоначальное содержание	после вскрытия	первоначальное содержание	после вскрытия	первоначальное содержание	после вскрытия	первоначальное содержание	после вскрытия	первоначальное содержание	после вскрытия	первоначальное содержание	после вскрытия	первоначальное содержание	после вскрытия
0—10	0.007	0.007	0.007	0.009	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.010	0.007	0.009	0.007	0.010
10—15	0.007	0.007	0.007	0.009	0.007	0.007	0.007	0.008	0.007	0.009	0.007	0.009	0.007	0.009
15—20	0.007	0.009	0.007	0.009	0.007	0.007	0.007	0.017	0.007	0.009	0.007	0.009	0.007	0.009
20—25	0.007	0.009	0.007	0.009	0.007	0.010	0.007	0.020	0.007	0.009	0.007	0.009	0.007	0.009
25—30	0.007	0.009	0.007	0.009	0.007	0.022	0.007	0.045	0.007	0.009	0.007	0.014	0.007	0.018
30—35	2.371	0.452	2.115	0,023	2.115	0.075	2.126	0.129	2.127	0.027	2.120	0.060	2.117	0.091
35—40	2.371	0.441	2.115	0.111	2.115	0.168	2.126	0.245	2.127	0.149	2.120	0.140	2.117	0.132
40—45	2.305	2.237	2.115	0.709	2.096	0.469	2.369	0.653	2.364	0.824	2.163	0.417	2.355	0.315
45—50	2.305	4.260	2.115	2.135	2.096	1.153	2.369	1.550	2.364	2.283	2.163	1.271	2.355	0.817
50—55	2.146	2.146	2.747	4.287	2.096	2.581	2.121	2.771	2.357	4.279	2.066	2.497	2.332	2.028
55—60	2.146	2.146	2.747	5.106	2.096	3.560	2.121	3.874	2.357	5.574	2.066	3.801	2.332	2.781
60—70	2.129	2.212	2.111	2.158	2.085	4.532	2.383	4.346	2.357	2.241	2.093	4.746	2.185	4.091
70—80	2.129	2.156	2.090	2.154	2.128	2.264	2.337	2.186	2.337	2.138	2.075	2.252	2.113	3.301
80—90	2.145	2.183	2.109	2.080	2.105	2.220	2.096	2.195	2.232	2.128	2.125	2.291	2.084	2.190

закрытых от испарения трубок с промачиванием на 60 см почти не проявилось диффузное поднятие солей в верхний незасоленный слой трубки; только в слое 25—30 см к концу второго и третьего месяцев отмечено небольшое увеличение содержания хлористого натра с 0.0087 до 0.0136 и 0.0179% (в трубках с промачиванием на 30 см содержание NaCl в соответственные сроки было в 5—8 раз больше).

В трубках со свободным испарением процесс выноса солей из засоленной части остановился раньше, чем при отсутствии испарения и раньше сменился более интенсивным поднятием солей кверху (табл. 10). В течение первого месяца [1] после впитывания воды поверхностью почвы, как это видно из табл. 10, продолжался вынос солей из всех верхних слоев засоленной части трубки. На втором месяце вынос солей продолжался только в слое 40—60 см; в слое 30—40 см уже началось накопление солей за счет их поднятия из нижних горизонтов. Третий месяц наблюдений уже совершенно не дает уменьшения солей и показывает небольшое увеличение хлоридов по всему слою 30—60 см. Процесс выноса в этот период сменился ясным процессом поднятия солей вместе с восходящими токами капиллярной и фуникулярной воды.

В незасоленной части трубки тоже наблюдается некоторое поднятие солей, более сильное, чем в трубках, закрытых от испарения, но более слабое и достигающее меньшей высоты, чем в трубках, увлажненных до 30 см. К концу второго месяца увеличение содержания NaCl отмечено на глубине 20—25 см (до 0.0103%, против 0.0698% в трубках с промачиванием на 30 см); к концу третьего месяца — на глубине 15—20 см (до 0.0166% против 0.0339 в трубках, увлажненных до 30 см).

Как видим, на долю диффузного поднятия солей в обеих сериях опытов приходится лишь часть общего увеличения солей в верхних горизонтах (грубо говоря, около $^1/_3$—$^1/_4$).

К таким же выводам пришел и проф. Л. П. Розов в своих исследованиях этого вопроса (1933, 1934).

Следует отметить, что общая интенсивность поднятия солей с капиллярно-подвешенной водой значительно меньше, чем интенсивность поднятия солей с капиллярными токами от свободного зеркала грунтовой воды. За трехмесячный период наблюдений соли поднялись только на высоту 20 см от их исходного положения. Это обстоятельство указывает на возможность более легкого регулирования солевого режима почв в условиях глубокого залегания грунтовых вод.

Более интенсивное поднятие солей в случае свободного испарения воды поверхностью почвы, отмеченное как при мелком, так и при глубоком промачивании, позволяет утверждать, что при подсыхании поверхности политой почвы возникают восходящие токи воды от нижних, более влажных горизонтов почвы, к верхним, более сухим.

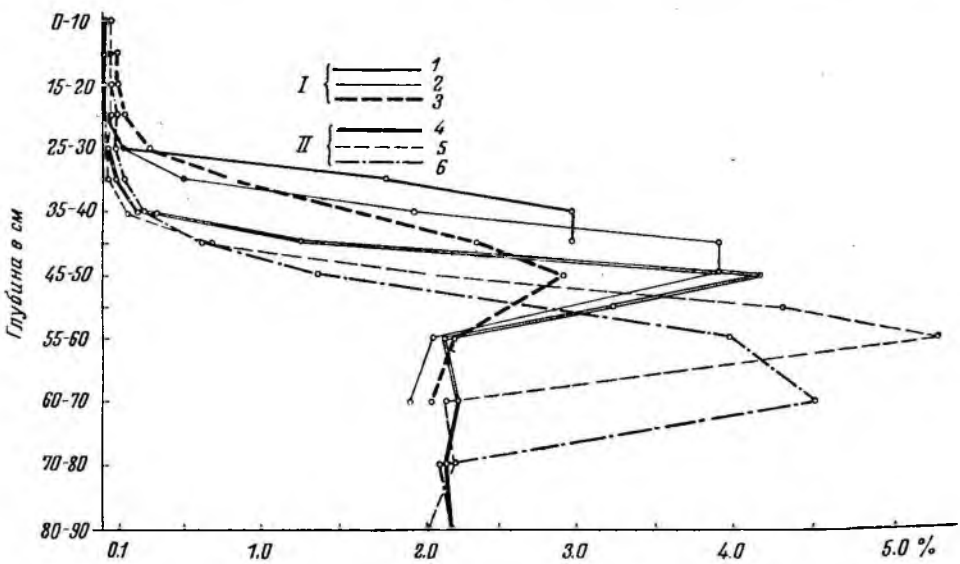
Поднятие воды и солей под влиянием подсыхания верхних горизонтов происходит и в том случае, если почва не испытывает непосредственного воздействия капиллярных токов, идущих от свободного зеркала грунтовых вод. Передвижение воды в этом случае, как мы уже отмечали, следует объяснять неоднородностью почвенных капилляров. При подсыхании верхних слоев почвы и освобождении от воды не только крупных, но и мелких капилляров может происходить передвижение воды из заполненных водой крупных капилляров нижних слоев почвы.

[1] Следует иметь в виду, что испарение в лаборатории без подогрева происходило значительно медленнее, чем в природных условиях. В поле весь процесс испарения пойдет быстрее, и соответственные сроки значительно сократятся. В соответствии с этим в полевых условиях должна возрасти роль поднятия солей с токами капиллярной и пленочной воды и уменьшиться роль диффузного переноса.

Второй причиной передвижения воды из нижних влажных горизонтов в более сухие, верхние, может быть передвижение воды в фуникулярном состоянии за счет более сильного уменьшения внутреннего давления воды в вогнутых частях водяных клиньев более сухой почвы, по сравнению с более влажной.

Аналогию с однородными капиллярными трубками, которой пользовался проф. А. Ф. Лебедев при рассмотрении условий передвижения капиллярно-подвешенной воды в почвах, следует признать неправильной и его выводы о невозможности поднятия солей при глубоких грунтовых водах — неверными. Наоборот, взгляды акад. В. Р. Вильямса на характер передвижения воды в бесструктурной почве при ее подсыхании полностью подтверждаются приведенными экспериментами.

Сравнение результатов глубокого (до 60 см) и мелкого (до 30 см) промачивания (фиг. 6), показывает, что в условиях лабораторного экспери-



Фиг. 6. Кривые передвижения NaCl в трубках при различной глубине промачивания (свободное испарение с поверхности почвы):

I — увлажнение на 30 см: *1* — вскрыта в момент исчезновения воды с поверхности; *2* — вскрыта через месяц; *3* — вскрыта через 3 месяца. *II* — увлажнение на 60 см: *4* — вскрыта в момент исчезновения воды с поверхности; *5* — вскрыта через 1 месяц; *6* — вскрыта через 3 месяца.

мента глубокое промачивание обеспечило более благоприятный солевой режим почвы. В случае мелкого промачивания полив привел к появлению вредных концентраций хлористого натра (0.28%) на глубине 25 см, тогда как полив из расчета промачивания на 60 см опреснил верхние 10 см засоленного слоя и не повлек за собою появления вредных концентраций в верхней, незасоленной части почвенного профиля.

Таким образом, изложенный материал позволяет притти к выводу о том, что советы, которые часто дают почвоведы в результате почвенно-мелиоративных изысканий, устанавливать поливную норму из расчета промачивания только верхнего, незасоленного слоя почвы не всегда могут быть признаны правильными.

При близком залегании соленосных горизонтов полив несколько повышенной нормой, рассчитанной и на промачивание верхней части засоленного слоя, может дать лучший результат, чем полив очень маленькой нормой. Чтобы не быть неверно понятыми, следует указать, что в условиях Заволжья для промачивания почвы на глубину 60 см необходима норма

в 600—800 м³/га, для промачивания 30 см — 300—400 м³/га; [1] таким образом, сказанное относится к сравнению относительно небольших поливных норм.

Аналогичные выводы о действии разных оросительных норм на солевой режим почвы делает проф. Н. И. Усов (1935). В его опытах с поливом светлокаштановой солонцеватой почвы, проведенных на Валуйской станции, оросительная норма в 1674 м³/га не вызвала заметных изменений в распределении солей, тогда как оросительные нормы в 2100 и 3100 м³/га понизили горизонт максимального скопления солей в среднем на 30 см, при уменьшении на 10% содержания хлора в метровом слое и передвижении в верхние горизонты серной кислоты, кальция и магния.

К сказанному о нежелательности очень малых поливных норм следует добавить следующее. Малые поливные нормы (300—400 м³/га) влекут за собой необходимость более частых поливов и увеличения числа их для того, чтобы дать одну и ту же требуемую культурой оросительную норму. Следовательно, применяя очень малые поливные нормы и частые поливы, мы будем вынуждены часто наполнять водой всю мелкую оросительную сеть. Кроме добавочных затрат труда, это поведет к повышенным потерям воды на фильтрацию, так как максимальная фильтрация из сети будет происходить в момент ее наполнения водой (в соответствии с динамичностью коэффициентов впитывания и фильтрации во времени — см. проф. А. Н. Костяков, 1932; материалы ВИУАА по Заволжью и др.).

В результате повышенных потерь из сети, территория, поливаемая часто и малыми поливными нормами, может оказаться под угрозой более быстрого поднятия грунтовых вод и более быстрого роста засоленности, чем территория, поливаемая реже и более высокими поливными нормами.

Избежать повышенной фильтрации из сети при частых поливах малыми нормами можно будет лишь при переходе на сплошную облицовку мелкой сети и на полив дождеванием.

Не считая возможным дать окончательный ответ на этот вопрос на основании только лабораторных исследований, все же полагаем возможным отметить, что уменьшение поливных норм на почвах с глубинным засолением не должно итти дальше известного предела и что рекомендация малых поливных норм, не смачивающих солепосные горизонты, не для всех случаев может считаться правильной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведенные эксперименты подтверждают взгляды акад. В. Р. Вильямса на передвижение воды в бесструктурных почвах и отвергают точку зрения проф. А. Ф. Лебедева, который, рассматривая почву как систему простых капиллярных трубок, пришел к выводу о невозможности восходящего движения воды и солей без влияния грунтовой воды.

2. Капиллярно-подвешенная вода может передвигаться к верхним слоям почвы по мере их подсыхания, вне зависимости от воздействия капиллярных токов грунтовой воды. Это передвижение происходит благодаря неоднородным размерам почвенных капилляров путем поступления воды из крупных капилляров нижних горизонтов в тонкие капилляры верхних слоев почвы, по мере испарения воды из последних. Второй формой передвижения воды может быть движение воды в фуникулярном состоянии от влажных слоев, где уменьшение внутреннего давления воды под вогнутой поверхностью водяных клиньев меньше, к сухим слоям почвы, где уменьшение внутреннего давления воды больше.

[1] В этих расчетах принято, что влажность почвы перед поливом не опускается ниже двойной максимальной гигроскопичности. При более сильном иссушении почвы потребуются более высокие нормы.

3. При увлажнении до водоудерживающей способности почв, имеющих на некоторой глубине солеиосные горизонты, но не имеющих связи с грунтовыми водами, и при последующем подсыхании почвы происходит передвижение солей и в верхний незасоленный слой почвы. При этом на долю диффузного поднятия солей приходится только часть общего подъема солей. Главная масса солей поднимается с током фуникулярной (или пленочной) и капиллярной воды.

4. При увлажнении до водоудерживающей способности верхнего незасоленного слоя почвы до его границы с засоленным слоем происходит интенсивное поднятие солей в незасоленный слой.

5. Более глубокое промачивание, в нашем опыте до 60 см, при верхней границе засоленного слоя в 30 см, с промачиванием верхней части засоленного горизонта, ведет к заметному рассолению почвы и менее интенсивному поднятию солей в верхние, незасоленные до полива, горизонты.

6. Для проверки в полевых условиях намечается вывод о преимуществе поливных норм, рассчитанных на промачивание и рассоление верхней части солеиосных горизонтов, по сравнению с малыми поливными нормами, увлажняющими почву только до верхней границы солевых накоплений.

ЛИТЕРАТУРА

Антипов-Каратаев И. И. Программа и предварительные результаты стационарных исследований почв Заволжья в связи с их орошением. Тр. комиссии по ирригации, т. I, Акад. Наук СССР, 1933.

Зильямс В. Р. Общее земледелие с основами почвоведения. М., 1936.

— Травопольная система земледелия на орошаемых землях. М., Сельхозгиз, 1936.

Долгов С. И и Каменева З. И. Диффузное передвижение NaCl и Na_2SO_4 в карбонатном суглинке. Физика почв. Тр. ВИУАА, вып. 18, 1937.

Долгов С. И. О формах воды в почве. (Сообщение I) «Физика почв», Тр. ВИУАА. вып. 18, 1937.

Иванов А. И. Материалы по изучению поливных норм ГИСХМ, 1920.

Иванов Д. В. Муганская оросительная сеть в агрохимическом освещении. Тр. Азербайдж. центр. с.-х. опытн. сел. станции им. Орджоникидзе, вып. VIII. 1930.

Кин Б. А. Физические свойства почвы. 1933.

Костяков А. И. О динамике коэффициента просачивания воды в почво-грунты. Почвоведение, № 3, 1932.

Кригер Р. Э. К вопросу о предельном для пшеницы содержании солей в различных генетических горизонтах почв Поволжья. Материалы изысканий, исследований и проектирования ирригации Заволжья, вып. VII, 1937, стр. 170—195.

Куртяков И. И. Капиллярные явления в почве и продуктах ее отмучивания. Почвоведение, № 1, 1933.

Лебедев А. Ф. Почвенные и грунтовые воды. 1930.

— О движении солей в почвах. Тр. Почв. инст. им. Докучаева, вып. 3—4, 1931.

Летунов П. А., Долгов С. И. Сб. Физика почв в СССР. 1934.

Розов Л. И. Доклад на солонцовой подкомиссии советской секции МАИ в феврале 1933 г.

— Об изменении солонцовых почв при орошении и промывках. Почвоведение, № 2, 1934.

Усов Н. И. Исследование влияния оросительной системы, сроков и норм полива на солевой режим почв в сев. части Каспийской низменности. Учен. зап. Саратовского гос. унив. им. Чернышевского, т. XIII, вып. 1, 1935.

Чернов В. А. О диффузии ионов NO_3' и Cl' в почвах. Труды ВИУАА, вып. 7, 1935.

Шошин А. А. К изучению передвижения солей в почве. Изв. Донск. Инст. с. х. и мелиор., т. IX, 1929.

Green Heber. Studies in soil capillarity, Soil Research, № 4, 1931.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

СБОРНИК ПАМЯТИ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

Д. И. ПОПАЗОВ

ПОЧВЕННО-АГРОНОМИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ НКЗ СССР
ИМ. АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

К ВОПРОСУ О НЕОБХОДИМОСТИ ОБОРАЧИВАНИЯ ВЕРХНЕГО СЛОЯ ПОЧВЫ ПРИ ОСНОВНОЙ ВСПАШКЕ

«Введение культурной вспашки плугом с предплужником представляет без преувеличения самую важную задачу советской революционной агрономии...»

Акад. *В. Р. Вильямс.*

Изучение вопросов разрушения и восстановления структуры почвы в двух слоях (0—10 и 10—20 см) верхнего 20-сантиметрового горизонта старопашки, природной (целина) и искусственной (пласт многолетних трав) дернины под воздействием ряда природных и производственных (воздействие человека) факторов, несомненно, представляет большой не только теоретический, но и практический интерес.

Обладая различным составом структурных отдельностей как по количеству, так и по качеству, слои 0—10 и 10—20 см, очевидно, будут иметь различные технологические свойства. Очень важное производственное значение этих свойств пласта, как указывал акад. В. Р. Вильямс, выявляется нагляднее всего при основной (зяблевой) обработке почвы.

Мы изучили в лабораторных условиях структурный и аггрегатный состав верхнего и нижнего слоев пахотного горизонта старопашки, дерновый горизонт целины и дернину многолетних трав. Для исследования были взяты следующие почвы: 1) чернозем предгорий, 2) обыкновенный чернозем, 3) южный чернозем и 4) каштановая почва. Образцы первой почвы были взяты в колхозе «Завет Ленина» Усть-Тулатинского сельсовета Чарышского района, расположенного в предгорьях Алтайской горной системы. Образцы второй почвы взяты в Алтайском зерносовхозе Смоленского района, находящемся в Приалтайских степях. Образцы третьей почвы взяты в колхозе «Луч свободы» Ново-Егорьевского сельсовета того же района в Алейской степи, и образцы каштановой почвы взяты в колхозе «Червоный борец» Максимовского сельсовета Славгородского района в Кулундинской степи.

Ниже приводим некоторые данные, характеризующие морфологические признаки и физико-химические свойства исследованных почв (табл. 1) (см. стр. 268).

Почвообразующая порода трех первых почв — лёссовидные тяжелые и средние суглинки и глины. Они окрашены в желтобурый цвет с палевым оттенком. Каштановая почва развита на желтобурой карбонатно-песчанистой супеси.

Таблица 1

Морфологические признаки почв

Название почвы	Горизонт	Мощность в см	Цвет	Структура	Карбонаты: глубина вскипания в см	Карбонаты: глубина видимой границы в см	Карбонаты: Вид
Чернозем предгорий	A_1	56	Черный с едва заметным буроватым оттенком	Глыбистокомковатая, книзу комковатая	65	85	Псевдомицелий, прожилки и плесень
	B	32	Темнобуроватый, неравномерно окрашен	Мелкокомковатая с примесью глыб	—	—	—
Обыкновенный чернозем	A_1	50	Черный с едва заметным буроватым оттенком	Раздельночастичная и комковатые отдельности	55	75	Псевдомицелий, прожилки и редко белоглазка
	B	30	Темнобурый	Грубо крупнокомковатая	—	—	—
Южный чернозем	A_1	43	Темный с едва заметным буроватым оттенком	Глыбистая и раздельночастичная	58	68	Псевдомицелий и примазки
	B	27	Бурый	Глыбистая	—	—	—
Каштановая почва	A_1	25	Темнобурый с каштановым оттенком	Глыбистая и раздельночастичная	40	59	Пятна и прожилки
	B	23	Бурый	Глыбистая	—	—	—

По механическому составу чернозем предгорий должен быть отнесен к пылевато-иловатым легким глинам, [1] обыкновенный чернозем к иловато-пылеватым тяжелым суглинкам, южный чернозем — к пылевато-песчаным средним суглинкам и каштановая почва — к песчаным легким суглинкам (см. табл. 2).

Таблица 2

Механический состав пахотного слоя почв по методу Робинзона (в %)

(обработка почвы 0.05 *N* HCl)

Название почвы	Физический песок (> 0.01 мм): Вся фракция	в том числе: песчан. (> 0.05 мм)	крупно-пылеват. (0.05—0.01 мм)	Физическая глина (< 0.01 мм): Вся фракция	в том числе: пылеват. (0.01—0.001 мм)	ил (< 0.001 мм)
Чернозем предгорий	31.22	1.28	29.94	68.78	33.80	34.98
Обыкновенный чернозем . . .	28.00	4.17	23.83	72.00	48.92	23.08
Южный чернозем	66.08	38.71	27.37	33.92	15.29	18.63
Каштановая почва	81.87	77.41	4.46	18.13	9.04	9.09

[1] Группировка механических элементов и классификация почв по механическому составу по проф. Качинскому.

Содержание перегноя и поглощенных оснований в этих почвах точно так же крайне неоднородное, как это видно из табл. 3.

Таблица 3

Содержание валового перегноя, азота, фосфора и поглощенных катионов в пахотном горизонте

Название почвы	Валовой состав в %			Поглощенные катионы по Гедройцу в м-экв.	
	перегной по Кнопу	азот по Кьельдалю	фосфор по Фишеру	Сумма (Ca+Mg)	Na
Чернозем предгорий	9.54	0.265	0.130	49.0	0.82
Обыкновенный чернозем	8.67	0.650	0.212	50.0	0.38
Южный чернозем	4.56	0.206	0.125	25.4	0.47
Каштановая почва	4.45	0.217	0.094	19.1	0.70

Наблюдается закономерное уменьшение перегноя и поглощенных оснований от чернозема предгорий к каштановой почве. Поглощенный натрий во всех исследованных почвах содержится в незначительном количестве, что указывает на отсутствие солонцеватости.

Определение содержания в этих почвах общего количества структурных отдельностей с подразделением их по величине производилось путем структурного анализа, т. е. просеивания воздушно-сухой почвы через набор сит. Для определения прочности этих отдельностей или учета количества прочных аггрегатов, также с подразделением их по величине, был применен аггрегатный анализ (мокрое просеивание). Структурный и аггрегатный анализ производился по способу Саввинова (1931).

Кроме того, также послойно производился учет прочности комков почвы по способу Фадеева—Вильямса. Для этой цели комки почвы размером 3—2 мм исследовались на сопротивляемость их размывающему действию воды. Известно, что чем меньшей прочностью обладают комки почвы, тем быстрее они расплываются и тем быстрее затухает кривая водопроницаемости. Затем комки почвы подвергли аггрегатному анализу по способу Саввинова с целью качественного и количественного учета степени расплывания и набухания комков почвы под продолжительным размывающим действием воды.

Структурный и аггрегатный анализ и исследование комков почвы на сопротивляемость их размывающему действию воды в приборе Фадеева — Вильямса производилось в образцах, взятых послойно 0—10 и 10—20 см из верхнего горизонта почвы. Это имело целью охарактеризовать способность верхнего и нижнего слоев различных видов пласта (пахотный горизонт старопашки, дерновый горизонт целины и дернин многолетних трав) распадаться на комковатые отдельности и насколько эти комковатые отдельности обладают прочностью в этих слоях.

Прежде чем перейти к анализу полученных нами экспериментальных данных, остановимся на вопросе о размерах структурных отдельностей с точки зрения отношения их к воде. Все разнообразие структурных отдельностей по размерам можно свести к 3 группам:

Первая группа: глыбистые (> 10 мм) и раздельночастичные (< 0.25 мм) отдельности. Вода в них проникает по закону волосного прогрессивно затухающего движения.

Вторая группа: комковатые отдельности (10—1 мм). Вода между ними проникает по закону тяжести, а внутри их по законам волосного движения.

Третья группа: раздельнозернистые отдельности (1—0.25 мм). Вода в них, повидимому, проникает по закону тяжести, когда они находятся в рыхлом состоянии; когда же масса почвы, слагающаяся из этих отдельностей, переходит в слитное состояние, вода в них проникает по закону волосного прогрессивно затухающего движения.

Принципиально важными в определении характера водного режима почвы являются лишь первые две группы структурных отдельностей. Глыбистое и раздельночастичное состояния характеризуют водный режим бесструктурной почвы и комковатое — структурной.

Во избежание загромождения статьи большим количеством числового материала здесь приводятся не все анализы по размерам, а средние из трех, причем расхождение между параллельными допускалось в структурном и аггрегатном анализах до 3%, а на способность комков сопротивляться размывающему действию воды — в пределах 5%.

Данные, характеризующие количественный и качественный состав структурных отдельностей верхнего (0—10 см) и нижнего (10—20 см) слоев пахотного горизонта старопашки, приводятся в табл. 4.

Таблица 4

Структурный и аггрегатный анализ пахотного горизонта старопашки

(в %)

Название почвы	Глубина в см	Сухое просеивание					Мокрое просеивание		
		размер отдельностей в мм							
		> 10	10—1	1—0.25	< 0.25	> 10+< 0.25	> 1	1—0.25	< 0.25
Чернозем предгорий	0—10	13.7	62.5	18.7	2.4	16.1	45.8	33.8	20.4
	10—20	10.5	73.5	15.7	0.3	10.8	55.3	29.3	15.4
Обыкновенный чернозем . . .	0—10	25.5	43.4	16.9	14.2	39.7	28.5	40.7	30.8
	10—20	12.2	62.6	19.8	5.4	16.6	54.6	32.4	13.0
Южный чернозем	0—10	32.2	27.4	10.3	30.1	62.3	11.7	12.7	75.6
	10—20	28.9	39.8	8.6	22.7	51.6	22.3	18.5	59.2
Каштановая почва	0—10	39.3	23.5	34.3	2.9	42.2	7.9	46.5	45.6
	10—20	27.0	34.4	35.1	3.5	30.5	18.0	41.1	40.9

Из приведенных в табл. 4 данных видно, что во всех четырех почвах в верхнем слое (0—10 см) содержится комковатых отдельностей (10—1 мм) меньше, чем в нижнем (10—20 см): на 8.3% в черноземе предгорий, на 19.2% в обыкновенном черноземе, на 12.4% в южном и на 10.9% в каштановой почве. Как и следовало ожидать, верхний слой больше распылен и хуже крошится, чем нижний. В первом содержится глыбистых (> 10 мм) и раздельночастичных (< 0.25 мм) отдельностей в среднем по всем четырем почвам больше на 12.8%. Следует также отметить, что глыбистые отдельности в верхнем слое часто достигали 5 и больше см в диаметре, в нижнем же они достигали лишь 2—3 см. Числа количественного содержания комковатых, раздельночастичных и глыбистых отдельностей, а в отношении последних и их размер, говорят о том, что верхний слой больше распылен и не так способен крошиться, как нижний.

Комковатые отдельности, полученные путем сухого просеивания почвы, при погружении в воду частично расплываются на раздельнозернистые (1—0.25 мм) и раздельночастичные элементы. Глыбистые отдельности расплываются преимущественно на раздельночастичные элементы. Поэтому распыленная часть почвы после аггрегатного анализа (мокрого просеивания почвы) значительно выше, чем при структурном анализе. Важно отметить и то обстоятельство, что во всех четырех почвах в нижнем слое прочных комковатых отдельностей (>1 мм) содержится больше на 14%, чем в верхнем. Наоборот, в верхнем слое распыленная часть почвы представлена соответственно больше. Анализ приведенных чисел позволяет сделать следующий вывод: комковатые отдельности верхнего слоя пахотного горизонта старопашки обладают меньшей прочностью, чем нижнего, а глыбы в основной массе расплываются на раздельночастичные элементы.

Для выявления способности комков почвы верхнего и нижнего слоя пахотного горизонта старопашки сопротивляться размывающему действию воды был взят в качестве объекта изучения обыкновенный чернозем. Данные, характеризующие быстроту затухания водопроницаемости насыпного (в приборе Фадеева — Вильямса) 10-сантиметрового слоя комковатой почвы (диаметром 3—2 мм) при постоянном давлении и движении водной струи снизу вверх, приводятся в табл. 5.

Таблица 5

Способность комков почвы пахотного горизонта старопашки сопротивляться размывающему действию воды

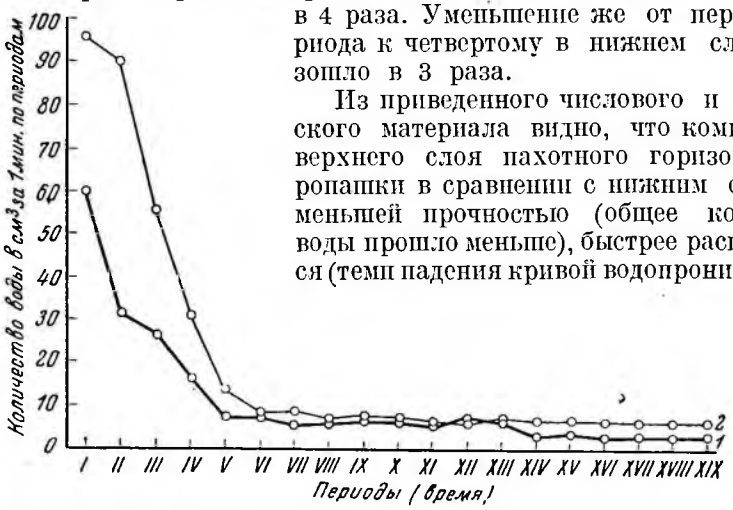
Период	Время в мин.	Прошло воды в см³ в среднем за 1 мин. в слое 0—10 см	Прошло воды в см³ в среднем за 1 мин. в слое 10—20 см
I	5	60.0	94.0
II	15	31.3	89.3
III	30	26.0	55.5
IV	60	15.9	31.3
V	180	7.1	13.7
VI	360	6.9	8.0
VII	360	5.4	8.4
VIII	360	5.7	6.4
IX	360	6.3	7.2
X	360	5.8	6.2
XI	360	5.3	5.6
XII	360	9.0	6.2
XIII	360	6.1	6.2
XIV	360	2.8	6.1
XV	360	3.0	6.2
XVI	360	2.6	6.1
XVII	360	2.6	6.1
XVIII	360	2.5	6.1
XIX	360	2.6	6.1

Числа, приведенные в табл. 5, говорят о том, что наименьшая постоянная предельная водопроницаемость комков почвы, как и следовало ожидать, имеет место в верхнем слое: она в два с лишним раза меньше, чем в нижнем. Из этих данных видно, что быстрота затухания водопроницаемости как в верхнем, так и в нижнем слое наблюдается особенно резко в первые шесть периодов. Затем затухание водопроницаемости медленно падает с некоторыми колебаниями в ту или другую сторону, и, наконец, устанавливается наименьшая постоянная предельная водопроницаемость.

Быстрота падения кривой водопроницаемости и высота наименьшей постоянной предельной водопроницаемости в верхнем и нижнем слоях пахотного горизонта старопашки показана на фиг. 1.

Следует отметить, что, хотя кривые водопроницаемости в обоих слоях в первые четыре периода падают одинаково быстро, все же в верхнем слое быстрота падения происходит более резко, чем в нижнем. Если в первые 5 мин. первого периода в верхнем слое в среднем за 1 мин. проходило 60 см³ воды, то в четвертом периоде ее прошло всего 15.9 см³ — уменьшение почти в 4 раза. Уменьшение же от первого периода к четвертому в нижнем слое произошло в 3 раза.

Из приведенного числового и графического материала видно, что комки почвы верхнего слоя пахотного горизонта старопашки в сравнении с нижним обладают меньшей прочностью (общее количество воды прошло меньше), быстрее расплываются (темп падения кривой водопроницаемости



Фиг. 1. Способность комков почвы диаметром 3—2 мм пахотного горизонта старопашки сопротивляться размывающему действию воды:

1 — кривая для слоя 0—10 см; *2* — кривая для слоя 10—20 см.

более быстрый) и степень расплывания их больше (наименьшая предельная водопроницаемость в два с лишним раза меньше). Последнее (степень расплывания) подтверждается данными, полученными в результате проведенного аггрегатного анализа комков почвы (по способу Саввинова) после испытания их на сопротивляемость размывающему действию воды (табл. 6).

Таблица 6

Аггрегатный анализ комков почвы

(в %)

Глубина в см	Размер отдельностей в мм							
	> 3	3—2	2—1	1—0.5	0.5—0.25	< 0.25	1—0.25	> 1
0—10	11.0	20.4	26.9	5.5	3.9	32.3	9.4	58.3
10—20	9.5	32.3	26.9	0.9	2.4	28.0	3.3	68.7

Данные аггрегатного анализа показывают, что в верхнем слое комков диаметром 3—2 мм, подвергшихся размывающему действию водной струи, осталось 20.4%, тогда как в нижнем слое их осталось 32.3%, т. е. больше на 11.1%. В верхнем слое содержится комковатых отдельностей размером крупнее 3 мм на 2.5% больше, чем в нижнем. Очевидно, они образовались за счет набухания комков (аггрегатирование комков здесь не могло иметь места). Набухание комков почвы, повидимому, вызвано набуханием не-

разложившихся органических веществ в комках почвы. Как и следовало ожидать, комковатых отдельностей в нижнем слое содержится больше на 10.4%.

Как показали лабораторные исследования, верхний слой (0—10 см) дернового горизонта целины, как и верхний слой пахотного горизонта старопашки, содержит больше глыбистых и раздельночастичных отдельностей и меньше комковатых, чем нижний слой (10—20 см). Что касается прочных комковатых отдельностей, то в нем также содержится их меньше (табл. 7).

Таблица 7

Структурный и аггрегатный анализ дернового горизонта целины

(в %)

Название почвы	Глубина в см	Сухое просеивание					Мокрое просеивание		
		размер отдельностей в мм							
		> 10	10—1	1—0.25	< 0.25	> 10 + < 0.25	> 1	1—0.25	< 0.25
Чернозем предгорий	0—10	14.2	75.7	9.8	0.3	14.5	70.0	19.3	10.7
	10—20	4.4	88.3	7.1	0.2	4.6	78.9	16.2	4.9
Обыкновенный чернозем . . .	0—10	15.8	64.7	15.2	5.3	21.1	53.3	21.0	25.7
	10—20	3.9	79.4	11.8	4.9	8.8	64.8	18.2	17.0
Южный чернозем	0—10	33.5	40.4	10.8	15.3	48.8	19.5	18.7	61.8
	10—20	20.8	50.3	8.6	20.3	41.1	32.8	16.9	46.3
Каштановая почва	0—10	56.8	26.5	13.8	2.9	59.7	15.3	57.3	27.4
	10—20	48.4	38.0	13.0	1.6	50.0	25.4	54.7	19.9

Данные четвертой (10—1 мм) и седьмой (> 10 + < 0.25 мм) граф табл. 7 особенно резко очерчивают различие структурного состояния верхнего и нижнего слоев почвы. Если в верхнем слое почвы содержится от 26.5 до 75.7% комковатых отдельностей, то в нижнем — от 38.0 до 88.3%. Обратная картина наблюдается в отношении содержания глыбистых и раздельночастичных отдельностей. Содержание их в верхних слоях этих почвенных разностей колеблется в пределах от 14.5 до 59.7%, в то время как в нижних — в пределах от 4.6 до 50.0%.

Далее из табл. 7 видно, что во всех почвах верхний слой имеет наименьшее количество прочных комковатых отдельностей. Данные последних трех граф табл. 7 особенно наглядно рисуют различие аггрегатного состояния этих слоев. Если прочных комковатых отдельностей в верхних слоях содержится в черноземе предгорий 70.0%, в обыкновенном черноземе 53.3%, в южном 19.5% и в каштановой почве 15.3%, то в нижних слоях таких отдельностей содержится соответственно 78.9, 64.8, 32.8 и 25.4%, т. е. больше на 8.9% в черноземе предгорий, на 11.5 в обыкновенном, на 13.3 в южном и на 10.1% в каштановой почве. Обратная картина наблюдается в содержании раздельночастичных отдельностей: в верхних слоях их больше. Таким образом, почва в верхнем слое дернового горизонта целины не в такой степени способна крошиться, как в нижнем слое, и комковатые отдельности обладают меньшей прочностью.

Выше освещался вопрос о способности комков почвы верхнего и нижнего слоев пахотного горизонта старопашки сопротивляться размывающему действию воды. Полученные в результате исследования этого вопроса дан-

ные показывают, что комки почвы верхнего слоя пахотного горизонта старопашки обладают меньшей способностью сопротивляться размывающему действию воды, т. е. меньшей прочностью, чем комки почвы нижнего слоя.

Для исследования этого вопроса в слоях дернового горизонта целины в качестве объекта изучения был взят, как и в старопашке, обыкновенный чернозем. Данные, характеризующие способность комков почвы (диаметром 3—2 мм) верхнего и нижнего слоев дернового горизонта целины сопротивляться размывающему действию воды, приводятся в табл. 8.

Таблица 8

Способность комков почвы дернового горизонта целины сопротивляться размывающему действию воды

Период	Время в мин.	Прошло воды в см³ в среднем за 1 мин. в слое 0—10 см	Прошло воды в см³ в среднем за 1 мин. в слое 10—20 см
I	5	88.0	73.0
II	15	100.0	104.0
III	30	61.5	99.1
IV	60	34.6	61.5
V	180	20.7	27.7
VI	360	17.5	20.9
VII	360	17.9	22.9
VIII	360	13.1	18.3
IX	360	22.4	25.9
X	360	9.2	22.3
XI	360	9.1	21.3
XII	260	12.7	22.6
XIII	360	9.1	20.6
XIV	360	9.1	20.6
XV	360	9.4	20.6
XVI	360	9.1	20.4
XVII	360	9.1	20.6
XVIII	360	9.1	20.6
XIX	360	9.1	20.6

Здесь, как и на старопашке, наблюдается та же закономерность. Наименьшая постоянная водопроницаемость комков почвы в верхнем слое в два с лишним раза меньше, чем в нижнем. Необходимо отметить, что характер падения кривых на целине почти совпадает с характером падения их на старопашке. Однако заслуживает особого внимания подъем кривых водопроницаемости в обоих слоях во втором периоде. Он объясняется тем, что в первом периоде, т. е. в первые 5 минут от начала опыта, комки почвы усиленно поглощали воду. Во втором, т. е. в течение 15 минут от конца первого периода, комки почвы, насыщенные, но еще не разрушенные, способны были пропустить максимум воды. Уже в третьем периоде, т. е. в течение 30 минут от конца второго периода, имеет место разрушение комков, и кривая водопроницаемости резко падает (это, между прочим, показывает, что целина способна больше впитать в себя влагу атмосферных осадков). Как и следовало ожидать, падение кривой водопроницаемости резче в верхнем слое. Со второго периода кривые водопроницаемости быстро падают, как и на старопашке, до шестого периода. Дальше падение их замедляется, колеблясь в ту и другую сторону и, наконец, устанавливается наименьшая постоянная предельная водопроницаемость. Поведение кривых падения водопроницаемости наглядно иллюстрирует фиг. 2.

Данные, характеризующие как с количественной, так и с качественной стороны, степень прочности комков почвы в верхнем и нижнем слоях дернового горизонта целины, после испытания их (комков почвы) в приборе Фадеева — Вильямса, приводятся в табл. 9.

Таблица 9

Аггрегатный анализ комков почвы (в %)

Глубина в см	Размер отдельностей в мм							
	> 3	3—2	2—1	1—0.5	0.5—0.25	< 0.25	1—0.25	> 1
0—10	7.6	32.4	28.0	2.5	2.0	27.5	4.0	68.0
10—20	6.7	39.5	35.7	1.8	1.2	15.1	3.0	81.9

Табл. 9 показывает, что в верхнем слое сохранилось лишь 32.4% комков почвы диаметром 3—2 мм, тогда как в нижнем их осталось 39.5%, т. е. больше на 7.1%. Соответственно за счет расплывшихся комков в верхнем слое содержится раздельнозернистых и раздельночастичных отдельностей на 13.9% больше, чем в нижнем. Здесь, как и на старопашке, наблюдается набухание комков почвы, но оно не так сильно выражено.

Для исследования структурного и аггрегатного состава верхнего и нижнего

Фиг. 2. Способность комков почвы (диаметром 3—2 мм) дернового горизонта целины сопротивляться размывающему действию воды:

1 — кривая для слоя 0—10 см; *2* — кривая для слоя 10—20 см.

слоев дернины многолетних трав в качестве объекта изучения были взяты клевер и люцерна двухлетнего пользования. Клевер возделывался на обыкновенном черноземе, а люцерна — на южном черноземе и каштановой почве. Результаты структурного и аггрегатного анализов приводятся в табл. 10 (стр. 276).

Комковатых отдельностей в верхних слоях в сравнении с нижними меньше на 24.5% в первом, на 13.0% во втором и на 12.3% в третьем случаях, тогда как глыбистых и раздельночастичных отдельностей в них содержится соответственно на 21.4, 10.6 и 10.7% больше, чем в нижнем. Приведенные в табл. 10 данные говорят еще и о том, что в верхнем слое дернины клевера и люцерны, как и на старопашке имеется меньше прочных комковатых и больше раздельночастичных отдельностей. Таким образом, верхний слой дернины многолетних трав не способен в такой степени крошиться, как нижний, и комковатые отдельности его обладают меньшей прочностью.

Таблица 10

Структурный и аггрегатный анализ дернины многолетних трав

(в %)

Название почвы	Глубина в см	Сухое просеивание					Мокрое просеивание		
		размер отдельностей в мм							
		> 10	10—1	1—0.25	< 0.25	> 10+ < 0.25	> 1	1—0.25	< 0.25
Обыкновенный чернозем (клевер)	0—10	27.9	51.3	10.5	10.3	38.2	44.3	27.4	28.3
	10—20	11.7	75.8	7.4	5.1	16.8	55.9	29.0	15.1
Южный чернозем (люцерна)	0—10	30.9	35.3	11.2	22.6	53.5	15.0	17.9	67.1
	10—20	21.0	48.3	8.8	21.9	42.9	28.0	16.8	55.2
Каштановая почва (люцерна)	0—10	35.8	24.9	35.0	4.3	41.4	20.3	40.9	38.8
	10—20	28.9	37.2	31.4	2.5	31.4	27.9	41.2	30.9

Для выявления способности комков (диаметром 2—3 мм) почвы в слоях дернины многолетних трав сопротивляться размывающему действию воды в приборе Фадеева — Вильямса был взят обыкновенный чернозем из-под клевера второго года пользования. Результаты этого анализа приведены в табл. 11.

Таблица 11

Способность комков почвы дернины клевера сопротивляться размывающему действию воды

Период	Время в мин.	Прошло воды в см³ в среднем за 1 мин. в слое 0—10 см	Прошло воды в см³ в среднем за 1 мин. в слое 10—20 см	Периоды	Время в мин.	Прошло воды в см³ в среднем за 1 мин. в слое 0—10 см	Прошло воды в см³ в среднем за 1 мин. в слое 10—20 см
I	5	80.0	80.5	XI	360	8.3	15.8
II	15	72.3	78.3	XII	360	8.0	16.9
III	30	52.0	64.0	XIII	360	7.7	16.7
IV	60	31.2	50.4	XIV	360	6.6	16.7
V	180	14.9	23.2	XV	360	8.6	18.2
VI	360	15.0	19.5	XVI	360	6.7	16.7
VII	360	14.6	20.0	XVII	360	6.7	16.7
VIII	360	11.9	16.5	XVIII	360	6.7	16.7
IX	360	19.9	24.4	XIX	360	6.7	16.7
X	360	8.3	19.9				

Если в первом периоде, т. е. в первые 5 минут от начала опыта, в нижнем слое дернины клевера в среднем за 1 минуту проходило 80.5 см³ воды, то в четвертом периоде, т. е. в течение 60 минут от конца третьего периода, в среднем за 1 минуту прошло 50 см³ воды, т. е. налицо уменьшение в 1.6 раза. В верхнем слое за эти же периоды имеет место уменьшение больше, чем в 2.5 раза. Это указывает на то, что комки верхнего слоя почвы быстрее расплываются, т. е. что они обладают меньшей прочностью, чем комки

нижнего слоя. Затухание водопроницаемости происходит быстро как на старопашке, так и на целине; затем оно медленно падает, колеблясь в более значительных пределах, чем на целине, в ту и другую сторону. Колебание затухания водопроницаемости происходит до тех пор, пока не установится наименьшая предельная водопроницаемость. Она по высоте занимает среднее положение между старопашкой и целиной, несколько больше приближаясь к целине.

Данные, характеризующие затухание кривых водопроницаемости комочков почвы верхнего и нижнего слоев дернины клевера, приводятся на фиг. 3.

Следует отметить, что быстрота затухания водопроницаемости дернины клевера занимает промежуточное положение между быстротой затухания водопроницаемости пахотного горизонта старопашки и дернового горизонта целины. Это особенно резко вырисовывается в первых четырех периодах (табл. 12).

Фиг. 3. Способность комков почвы (диаметром 3—2 мм) дернины клевера сопротивляться размывающему действию воды:

1 — кривая для слоя 0—10 см; *2* — кривая для слоя 10—20 см.

Таблица 12

Быстрота затухания водопроницаемости почвы на различных фонах

Фон	Периоды	Время в мин.	Прошло воды в среднем за 1 минуту			
			в слое 0—10 с		в слое 0—20 см	
			в см³	в %	в см³	в %
Старопашка	I	5	60.0	100	94.0	100
	II	15	31.3	52.2	89.3	95.0
	III	30	26.0	43.3	55.5	59.0
	IV	60	15.9	26.5	31.3	33.3
Дернина клевера	I	5	80.0	100	80.5	100
	II	15	72.3	90.4	78.3	97.3
	III	30	52.0	65.0	64.0	79.5
	IV	60	31.2	39.0	50.4	62.6
Целина	I	5	88.0	100	73.0	100
	II	15	100.0	113.7	104.0	142.5
	III	30	61.5	70.0	99.1	135.8
	IV	60	34.6	39.3	61.5	82.9

Наибольшая быстрота затухания водопроницаемости, как видно из данных табл. 12, наблюдается на старопашке; за ней идет дернина клевера и, наконец, последнее место занимает целина. По быстроте затухания водо-

проницаемости дернина клевера стоит ближе к целине, что весьма важно в агрономическом отношении.

Выше было указано, что комки почвы верхнего слоя дернины клевера обладают меньшей прочностью и расплываются они сильнее. Это, между прочим, подтверждается и данными аггрегатного анализа комков почвы после испытания их на сопротивляемость размывающему действию воды (табл. 13).

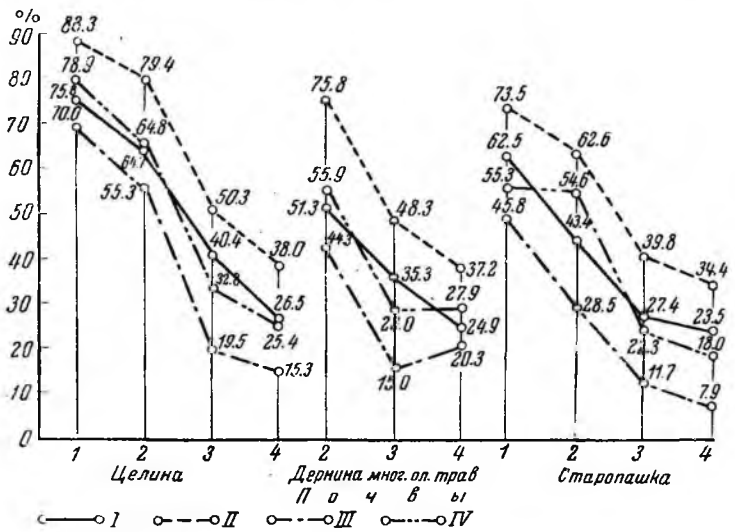
Таблица 13

Аггрегатный анализ комков почвы

(в %)

Глубина в см	Размеры отдельностей в мм							
	> 3	3—2	2—1	1—0.5	0.5—0.25	< 0.25	1—0.25	> 1
0—10	8.6	26.2	27.9	4.1	3.0	30.2	7.1	62.7
10—20	7.3	30.8	34.8	2.9	2.1	22.1	5.0	72.9

В верхнем слое сохранилось 26.2% комков почвы диаметром 3—2 мм, в нижнем — 30.8%, т. е. больше на 4.6%. За счет расплывшихся комочков почвы в верхнем слое образовалось раздельночастичных отдельностей



Фиг. 4. Кривые распределения комковатых отдельностей после сухого и мокрого просеивания.

1 — чернозем предгорий; *2* — обыкновенный чернозем; *3* — южный чернозем; *4* — каштановая почва. *I* — кривые для слоя 0—10 см и *II* — кривые для слоя 10—20 см показывают количество комковатых отдельностей (размером 10—1 мм) после сухого просеивания; *III* — кривые для слоя 0—10 см и *IV*—кривые для слоя 10—20 см показывают количество комковатых отдельностей (размером > 1 мм) после мокрого просеивания.

на 10.2% больше, чем в нижнем. Набухание комков почвы имеет место, но оно здесь выражено слабее, чем на старопашке и сильнее, чем на целине.

Приведенный выше экспериментальный материал вскрывает закономерности распределения структурных отдельностей (сухое и мокрое просеивание) между верхним и нижним слоями пахотного горизонта на различных культурных фонах. Закономерность эта особенно наглядно видна на прилагаемом графике (фиг. 4).

Из графика (фиг. 4) видно, что в зависимости от почвы и культурного фона различие в содержании структурных отдельностей в верхнем и нижнем слоях пахотного горизонта колеблется в пределах от 9.9% до 24.5%. Что касается содержания прочных комковатых отдельностей, то оно колеблется в пределах от 8.5% до 26.1%.

Из изложенного выше экспериментального материала видно, что верхний слой обладает меньшей способностью крошиться (имеет больше глыбистых отдельностей), чем нижний. Он больше распылен (содержит больше раздельночастичных отдельностей) и, наконец, его комковатые отдельности быстрее и сильнее расплываются в воде, чем нижнего. Сами собой напрашиваются вопросы: 1) почему верхний слой культурного, естественного и искусственного пласта содержит больше глыбистых, раздельночастичных и меньше комковатых отдельностей? 2) какие причины вызывают это явление?

Причины, вызывающие более быстрое и по степени более сильное разрушение структуры почвы верхнего слоя, как указывал акад. В. Р. Вильямс, сводятся к трем группам.

Во время всего сезона сельскохозяйственных работ невозможно произвести ни одной операции, не передвигая по поверхности полевых, сенокосных и пастбищных угодий различные сельскохозяйственные машины и орудия. Кроме того, по поверхности этих угодий передвигаются механические (тракторы) и живые (лошади, волы) двигатели, скот, автотранспорт и люди. Под влиянием давления гусениц и колес тракторов, колес и трущихся рабочих частей сельскохозяйственных машин и орудий, копыт животных происходит разрушение комковатых отдельностей верхнего слоя почвы, вследствие того, что прочная комковатая структура не обладает столь большой связностью, чтобы сопротивляться этому давлению. Данные Б. П. Мощенко (1940) подтверждают это положение. В совхозе «Реконструктор» Аксайского района Ростовской области указанный автор исследовал влияние давления гусениц трактора «Кировец-5» на изменение физических свойств почвы. Произведенные им исследования показали, что под влиянием давления гусениц трактора в верхнем 5-сантиметровом слое произошло увеличение частиц почвы < 0.05 мм почти на 5% и глыб (> 10 мм) на 2%, тогда как в слое 10—20 см почти никакого изменения не наблюдалось.

А. Тюлину и А. Скляр (1933) в лабораторных условиях при помощи давления удалось снизить количество прочных комковато-зернистых отдельностей в воронежском черноземе на 11.7%. Разрушение структуры в наибольшей степени наблюдается в верхнем слое почвы. По мере углубления оно затухает, благодаря погашению давления тяжести упругостью почвы. Глубина, на которую распространяется влияние механических сил на разрушение структуры почвы, измеряется в среднем 10 см.

Не могут не оказывать разрушающего влияния на структуру верхнего слоя почвы и атмосферные осадки, выпадающие в виде дождей. По исследованиям метеоролога Дефанта, вес дождевых капель, в зависимости от силы и интенсивности дождя, колеблется в пределах от 0.01 до 100 мг. Скорость же движения таких капель в спокойном воздухе, по исследованиям физика Леанарда составляет 2.7—8 м/сек. Дождевые капли, обладая определенным весом и падая с определенной скоростью, развивают живую силу, которая разрушает комки почвы и уплотняет верхний слой ее. Какое бы рыхлокомковатое строение ни было придано почве при обработке ее, если эта почва (структура ее) не обладает прочностью, она после одного-двух дождей превращается в сплошную массу, состоящую из раздельночастичных отдельностей. По мере высыхания этой почвы, на поверхности ее образуется корка, и она растрескивается. Почва «заплывает». Непрочные комки почвы верхнего слоя разрушаются не только в силу механического действия на

них дождевых капель, но и в силу расплывания в воде. Смоченные непрочные комковатые отдельности после высыхания рассыпаются или сами по себе или от малейшего прикосновения к ним.

Ветер также разрушает структуру почвы на поверхности пашни. Степень разрушения структуры почвы зависит от силы ветра, степени прочности структуры и связности ее. Передвигающиеся при помощи ветра раздельночастичные отдельности на своем пути встречают различные препятствия, в том числе и комковатые отдельности. Ударяясь о последние, они разрушают их. Это явление наблюдается во многих (особенно в степных) районах нашего Союза под названием «выдувание» почв.

Утрата структуры верхнего слоя почвы вызывается также причинами физико-химического характера. В атмосферных осадках, как указывал акад. В. Р. Вильямс, содержится три аммиачных соли: азотно-аммиачная, угле-аммиачная и перегнойно-аммиачная. Эти соли в ионизированном состоянии вносятся с атмосферными осадками в почву. Обменная реакция между катионами аммония, содержащимися в атмосферных осадках, и катионами кальция, находящимися в поглощенном состоянии в почве, происходит в первую очередь в верхнем слое почвы. При этом катионы кальция выносятся вниз, где они вновь вступают в обменную реакцию с катионами аммония. Таким образом, структура верхнего слоя почвы под влиянием катиона аммония утрачивает свою прочность, тогда как, наоборот, структура нижнего слоя под влиянием поглощенного деятельным перегноем кальция восстанавливает свою прочность.

Это положение акад. В. Р. Вильямса подтверждает и акад. К. К. Гедройц (1926); однако последний сводит действие атмосферной воды к разрушению поглощающего комплекса.

Уменьшение количества поглощенных двухвалентных катионов (Ca, Mg) в верхнем слое почвы и увеличение количества их в нижнем экспериментально доказано М. С. Цыгановым (1935). Через 8 месяцев после закладки опыта на Омской сельскохозяйственной опытной станции автор констатировал уменьшение поглощенных оснований в верхнем слое почвы и увеличение их в нижнем.

Произведенные нами исследования на содержание поглощенного катиона аммония в слоях 0—10 и 10—20 см обыкновенного чернозема старопашки и пласта клеверища в Алтайском зерносовхозе дали следующие результаты (табл. 14) (см. стр. 281).

Данные последней графы табл. 14 показывают, что в верхнем слое во всех трех случаях содержится больше поглощенного аммония, чем в нижнем. Следует отметить, что в верхнем слое почвы поля, вышедшего из-под ржи, поглощенного аммония больше, чем в том же слое почвы из-под пшеницы. В нижних слоях наблюдается обратная картина. Это явление, повидимому, обусловливается продолжительностью воздействия атмосферных осадков на верхний слой почвы и марками орудий, примененных при основной вспашке. Плуг без предплужника при проведении основной вспашки не смог в полной мере заделать нижний слой (получилось смешение верхнего слоя почвы, содержащего поглощенный аммоний, с нижним), тогда как плуг с предплужником произвел заделку верхнего слоя почвы более совершенно.

Утрата почвой прочности структуры вызывается, наконец, еще и причинами биологического порядка.

Акад. В. Р. Вильямс выдвигает в качестве основного условия для получения прочной комковатой структуры почвы необходимость наличия деятельного перегноя, представляющего продукт синтеза анаэробных бактерий. Деятельный перегной, поглощая катион кальция и облекая механические элементы почвы, цементирует последние в прочные комковатые отдельности. Наоборот, при аэробном разложении органических

Таблица 14

Содержание поглощенного аммония в верхнем и нижнем слоях пахотного горизонта

Вид обработки и культуры	Продолжительность воздействия атмосферных осадков на почву: дата основной вспашки	дата взятия образца	колич. месяцев воздействия атм. осадков на почву	Орудие основной вспашки	Глубина в см	Аммоний в мг на 100 г почвы
Чистый пар	1/VI 1935 г.	8/VIII 1936 г.	14	Плуг без предплужн.	0—10	6.6
Рожь					10—20	2.1
Система зяблевой обработки (старопашка)	15/IX 1935 г.	8/VIII 1936 г.	10.5	Плуг с предплужн.	0—10	5.6
Пшеница					10—20	3.0
Зяблевая вспашка (пласт клеверища)	20/X 1938 г.	30/VI 1939 г.	10	То же	0—10	3.5
Пшеница					10—20	2.0

веществ происходит разложение деятельного перегноя и разрушение структуры почвы.

Что в разрушении структуры почвы решающее значение играет аэробный процесс, при котором разлагается деятельный перегной до минеральных соединений, — экспериментально подтверждается Е. Беляковой (1935). Автор указывает, что достаточно было минерализовать 0.5% углерода целинного чернозема из Каменной Степи, чтобы количество комковато-зернистых (> 0.25 мм) отдельностей уменьшилось на 25.5%.

Верхний слой пласта лучше аэрируется, чем нижний. Очевидно в первом будет превалировать аэробиозис, тогда как, наоборот, во втором — анаэробиозис. Господство аэробиозиса в верхнем слое и более сильное промывание его атмосферными осадками, содержащими аммоний, обусловливают разрушение деятельного перегноя и вытеснение катиона кальция. Прочность структуры в верхнем слое почвы утрачивается. Наоборот, в нижнем слое пласта, благодаря господству анаэробиозиса, происходит накопление деятельного перегноя, что при наличии поглощенного катиона кальция обусловливает восстановление структуры почвы и ее прочности в этом слое.

Таким образом, под влиянием вышеописанных причин структура верхнего 10-сантиметрового слоя почвы утрачивается, а нижнего слоя восстанавливается. Задача ежегодного восстановления структуры верхнего слоя почвы возлагается на основную (зяблевую) вспашку. Поэтому производственный смысл и значение основной вспашки, как указывает акад. В. Р. Вильямс, заключается в том, что верхний слой почвы, ставший бесструктурным, сбрасывается вниз и на место его выносится прочный комковатый, ставший структурным, нижний слой. Это достигается только при вспашке пласта плугом с предплужником. При вспашке почвы плугами без предплужников происходит смешение верхнего бесструктурного слоя почвы с нижним структурным слоем и на такой почве урожай получается ниже, чем на почве, вспаханной плугами с предплужниками. Данные, полученные почвенно-агрономической станцией (1938, 1939) в Алтайском зерносовхозе Алтайского края и в Шацкой МТС Рязанской области, подтверждают это положение (табл. 15).

Таблица 15

Влияние вспашки плугом с предплужником на урожай яровой пшеницы

Вариант	Клеверище		Люцернище		Старопашка	
	урожай в ц/га	прибавка	урожай в ц/га	прибавка	урожай в ц/га	прибавка
Вспашка плугом с предплужником	17.51	2.51	18.71	2.70	12.2	2.3
Вспашка плугом без предплужника	14.99	—	16.01	—	9.9	—

Зяблевая вспашка, произведенная плугами с предплужниками, дала урожай на 2.3—2.7 ц/га выше урожая, полученного по зяби, произведенной плугами без предплужников.

ВЫВОДЫ

1. Верхний слой пахотного горизонта старопашки, дернового горизонта целины и дернины многолетних трав содержит больше глыбистых (> 10 мм), раздельночастичных (< 0.25 мм) и меньше прочных комковатых отдельностей (10—1 мм), чем нижний.

2. Наличие в культурном, природном и искусственном пласте двух слоев, обладающих различными технологическими свойствами, приводит к признанию необходимости переносить на поверхность нижнего слоя путем совершенного оборачивания пласта и наилучшего запахивания верхний слой при зяблевой вспашке.

3. Плуг с предплужником при основной (зяблевой) вспашке наиболее полно удовлетворяет требованиям совершенного оборачивания пласта, лучше обеспечивает условия восстановления структуры почвы и увеличивает урожай сельскохозяйственных культур по сравнению с плугом без предплужника.

ЛИТЕРАТУРА

Белякова Е. Влияние минерализации органического вещества на разрушение прочной структуры в почве. ВИУАА. Рукопись, 1935.

Вильямс В. Р. Прочность и связность структуры почвы. Почвоведение, № 5—6, 1935.

— Почвоведение. Москва, 1938.

— Основы земледелия. Москва, 1939.

Гедройц К. К. К вопросу о почвенной структуре и сельскохозяйственном ее значении. Изв. Гос. инст. опытной агрономии, т. IV, № 3, 1926.

Мощенко Б. П. Влияние давления трактора «Кировец-5» на физические свойства почвы. Почвоведение, № 2, 1940.

Почвенно-агрономическая станция им. акад. В. Р. Вильямса. Отчеты (рукописи) сотрудников за 1938 и 1939 гг.

Саввинов Н. И. Структура почвы и ее прочность на целине, перелоге и старопахотных участках. 1931.

Тюлин А. и Скляр А. Влияние давления на образование и изменение агрегатов в почве. Тр. ВИУАА, вып. 2, 1933.

Цыганов М. С. Влияние увлажнения и других естественных факторов на динамику аггрегатного состава почвы. Почвоведение, № 1, 1935.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

СБОРНИК ПАМЯТИ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

А. П. ОГАНЕСЯН

ОТДЕЛ АГРОПОЧВОВЕДЕНИЯ АЗ. НИХИ

ЗАВИСИМОСТЬ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРИ ВСПАШКЕ НА РАЗЛИЧНУЮ ГЛУБИНУ ОТ СТРУКТУРНОСТИ ПОЧВЕННОГО ПРОФИЛЯ

В одной из своих работ (1929) академик В. Р. Вильямс писал: «Главная причина непроизводительности операций вспашки при паровой системе заключается в том, что приходится обрабатывать бесструктурную почву, сила сцепления которой в 10—15 раз больше, чем в структурной почве». Это положение вполне подтверждается приведенными им данными Рюгера о связности структурных и бесструктурных почв (В. Р. Вильямс, 1938).

Киквадзе (1939), исследуя удельное сопротивление почв Поволжья, в своих выводах придает колоссальное значение структуре почвы.

Несмотря на это, структура, как фактор, создающий совершенно иные технологические условия в почве, далеко недостаточно изучена, а в условиях Азербайджана изучалась впервые в АзНИХИ с 1938 г.

Действие структуры почвы на удельное сопротивление и некоторые ее агротехнические свойства нами было изучено на почвах Кировабадского района, где естественно-историческими условиями рельефа, растительности и др. обусловлено образование двух резко различных почвенных разностей.

В более низменной (северо-восточной) части района преобладают луговые почвы с хорошо выраженной комковатой структурой, особенно с глубины 18—20 см и до 50—75 см.

В верхней полосе района (юго-западной части) преобладают светлокаштановые, бесструктурные почвы с наличием уплотненного подпахотного горизонта, неблагоприятно действующего как на нормальное развитие корневой системы хлопчатника, так и на эффект ряда агротехнических приемов (обработка, поливы и др.).

Между этими двумя резко различными почвенными разностями простираются почвы переходные, в которых, по мере приближения к светлокаштановым почвам, мощность структурного горизонта постепенно уменьшается, и уже в светлокаштановой разности почва по всему профилю становится бесструктурной, с наличием сильно выраженного уплотненного подпахотного горизонта.

Характеристика структурного состава исследуемых почв, приведенная в табл. 1, показывает, что наилучшей структурностью обладает луговая почвенная разность.

На переходной полосе (светлокаштановая) структурность несколько уменьшается. При этом значительно увеличивается пыль (< 0.5 мм), и в светлокаштановой разности структурность доходит до минимальных количеств (26—32%).

Характерно еще то обстоятельство, что в светлокаштановой разности с глубиной увеличивается глыбистость с одновременным увеличением

количества пыли. Наличие большого количества пыли является следствием многократной обработки почвы под хлопчатник, а большая глыбистость нижних слоев — следствием наличия уплотненного подпахотного горизонта.

Такое различие в структурности и определило характер удельных сопротивлений по почвенным разностям. Данные, приведенные в табл. 2, указывают на тот факт, что те же механические частицы, объединенные в прочные аггрегаты, сильно уменьшают сопротивление почвы орудиям обработки и, наоборот, они резко увеличивают сопротивление, когда находятся в распыленном состоянии.

Таблица 1

Структурный состав (в %) исследуемых почв (сухое просеивание)

Почвенная разность	Глубина в см	Структурные фракции в мм				
		> 10	10—5	5—3	3—0.5	< 0.5
Структурно-луговая	10—15	61.1	22.8	8.8	4.5	2.8
	15—20	57.7	19.0	15.0	5.8	2.6
	20—25	31.9	32.4	25.0	8.4	3.0
	25—30	7.9	40.1	35.4	13.0	3.7
	30—35	13.6	39.6	33.9	10.5	2.4
Структурно-луговая переходная к светлокаштановым	10—15	61.5	17.5	8.9	6.4	5.6
	15—20	59.3	32.3	15.5	7.3	4.3
	20—25	23.6	37.4	22.7	9.4	6.9
	25—30	22.6	32.2	22.7	15.7	6.8
	30—35	29.4	27.9	25.5	12.2	5.0
Светлокаштановая бесструктурная	10—15	59.6	19.4	8.8	8.4	8.5
	15—20	56.1	15.0	11.9	10.3	6.7
	20—25	58.8	14.4	12.3	8.7	5.8
	25—30	61.0	13.9	12.0	8.4	4.8
	30—35	63.9	12.4	11.8	7.7	4.2

Таблица 2

Влияние структуры на удельное сопротивление почв

Почвенная разность	Предшественник	Структурность [1]		Глубина вспашки в см	Удельное сопротивление в кг/см²	Средняя влажность слоя 0—30 см в %
		пахотного слоя (0—20 см)	подпахотного слоя (20—40 см)			
Структурно-луговая	Хлопчатник	32.3	75.2	22.9	0.57	19.72
Структурно-луговая переходная	»	30.4	68.1	22.7	0.62	19.08
Светлокаштановая	»	26.9	32.1	22.2	0.74	18.5

Значение структурного горизонта хорошо видно также из показателей плотности почвы, определенных плотномером Голубева (фиг. 1).

Если на бесструктурных почвах (разрезы 5, 6, 7 и 9) плотность подпахотного горизонта, как общее правило, значительно выше пахотного, то в структурных почвах (разрезы 1 и 8) она или совпадает, или же ниже плотности пахотного горизонта.

[1] Под структурностью понимается сумма фракций от 10 мм до 0.5 мм в % ко всей почве.

Одной из главных задач наших исследований было изучение зависимости удельного сопротивления при различной глубине вспашки от физических свойств почвенного профиля.

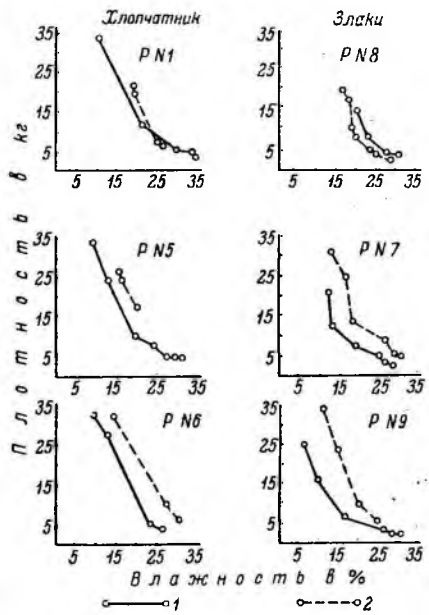
Изучение удельного сопротивления производили трактором СТЗ-НАТИ на второй скорости с длиной гона 200 м, плугом Ростовского завода ТПУ-5.

Плотность изучалась прибором Голубева, структурный состав почвы — по Саввинову, липкость — по Качинскому.

Прежде чем перейти к изложению полученных нами материалов, необходимо отметить, что, несмотря на наличие в литературе большого количества работ, до сего времени отсутствует единодушное мнение в отношении зависимости удельного сопротивления от глубины вспашки.

Так, например Некрасов и Цитронблат (1928) в результате испытаний плугов на Акимовской опытной станции пришли к выводу, что «удельное сопротивление находится в обратной зависимости от глубины пахания». Но этот вывод, сделанный проф. Некрасовым несколько лет тому назад, не подтвердился в его последних работах (1938), где при углублении вспашки с 18 до 20 см по большинству плугов, как пишет он, удельное сопротивление возрастает в пределах от 4 до 18.5%. В этой же работе приводятся данные, показывающие увеличение удельного сопротивления до 62%.

К противоположному заключению пришел Киквадзе (1937), проводивший свои исследования в Саратовской области. Он доказал, что при однородном сложении исследуемого слоя почвы, удельное сопротивление с глубиной падает, при неоднородности почвенного профиля с переходом в более уплотненный слой почвы удельное сопротивление резко возрастает.



Фиг. 1. Зависимость плотности различных горизонтов почв от влажности и предшественников:
1 — для пахотного горизонта; *2* — для подпахотного горизонта.

Акад. Горячкин (1937) писал, что «сопротивление плуга... надо считать в виде линейной зависимости от площади поперечного сечения пласта, отклонение от этого правила может быть приписано влиянию изменчивого сопротивления почвы, например, когда затрагивается подпочва и т. д.».

Таким образом, правило зависимости удельного сопротивления от глубины вспашки необходимо рассматривать в зависимости от почвенного профиля. Отсюда вытекает строгая необходимость при изучении удельного сопротивления исследовать физикомеханические свойства почвы по профилю. Только таким методом можно установить объективную причину отклонения от правила Горячкина; в противном случае остается делать только общее предположение.

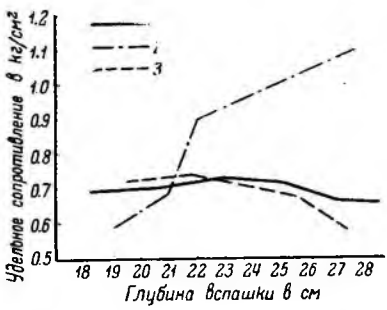
Результаты наших исследований, приведенные в табл. 3, показывают тесную зависимость между свойствами почвенного профиля и удельным сопротивлением. Наличие в подпахотном горизонте (с глубины 20—22 см) светлокаштановой почвы сильно уплотненного водонепроницаемого слоя является основной причиной резкого возрастания удельного сопротивления с глубиной вспашки. В противоположность светлокаштановым почвам, удельное сопротивление в почвах структурно-луговой разности имеет

обратную зависимость от глубины вспашки. При менее выраженной структурности (20—22 см) удельное сопротивление в луговых почвах почти не меняется, а с переходом в структурный горизонт начинает резко падать (от 0.74 кг/см² при вспашке на 22 см до 0.59 кг/см² при вспашке на 27.6 см).

На переходной полосе к бесструктурным, где почвенный профиль довольно однородный, перелом кривой к падению передвигается на большую глубину (фиг. 2), в соответствии с глубиной залегания структурного горизонта.

Кривые удельного сопротивления на почвах переходной полосы принимают почти горизонтальное положение, что является следствием однородности почвенного профиля.

Приведенные в табл. 2 данные плотности полностью подтверждают указанную закономерность зависимости удельного сопротивления от физического сложения почвенного профиля.



Фиг. 2. Кривые влияния глубины вспашки на удельное сопротивление почв:

1 — структурно-луговая почва, переходная к светлокаштановым; *2*—светлокаштановая бесструктурная; *3* — структурнолуговая почва.

Такая разница в почвенном профиле в пределах небольшой территории одного района обязана культурно-хозяйственной истории и почвообразовательному процессу.

Современные светлокаштановые почвы имеют более древнюю историю земледельческой культуры.

Каштановые почвы, прошедшие луговую стадию, после вступления в эксплоатацию подвергались сильно разрушающему действию обработки (в период паровой системы земледелия), которая облегчала вымывание тонкодисперсных частиц в подпахотный горизонт орошаемыми водами. Верхняя часть подпахотного слоя подвергается также разрушению и уплотнению ежегодными действиями плуга при пахоте. Эта верхняя часть подпахотного слоя почвы и является аккумулирующим слоем для тонкодисперсных частиц из фильтрационных вод. Достаточно показательно для этого наличие уплотненного подпахотного горизонта не только в светлокаштановых, но и в почвах переходной полосы, где, несмотря на однородность почвенного профиля по структурности, в подпахотном горизонте намечается некоторый рост (0.08 кг) удельного сопротивления.

Ясно, что чем больше продолжительность разрушающего структуру действия, тем мощнее и плотнее подпахотный горизонт.

Данные в табл. 3 приведены по точкам опытов, расположенных с севера на юг — от структурно-луговых к бесструктурным светлокаштановым почвам.

По мере потери структурности, мощность бесструктурного горизонта увеличивается, и вместе с этим усиливается уплотненность подпахотного горизонта. Последнее явление полностью лимитирует величину удельного сопротивления, максимум которого на структурно-луговых почвах находится в слое, непосредственно прилегающем к пахотному слою (20.5 см), а в бесструктурных почвах — на глубине 27.5 см.

Проведенная нами работа показала, что в условиях почвенной пестроты хлопковой зоны Азербайджана [1] зависимость удельного сопротивления от глубины вспашки специфична для данной почвенной разности, имеющей определенные физико-механические свойства.

[1] Эта закономерность подтвердилась и является общей для всех обследованных нами районов.

Таблица 3

Влияние уплотненного подпахотного горизонта на удельное сопротивление почвы. Кировабадский район АзССР

№ опытного участка	Название почвы	Вид определений	Глубина вспашки в см						Влажность слоя 0—30 см в %
			18.5	20.5	22.5	24.5	27.5	30.0	
2	Структурно-луговая	Удельное сопротивление в кг/см²	0.72	0.74	—	0.69	0.59	—	29.2
		Плотность в кг/см²	3.2	4.3	—	3.8	3.5	—	29.2
		Структурность в %[1]	9.6	8.8	15.0	25.0	35.4	33.9	—
14	Структурно-луговая, переходная к светлокаштановым	Удельное сопротивление в кг/см²	0.75	0.82	0.86	0.82	0.78	—	28.3
		То же	0.70	0.71	0.74	0.72	0.67	0.66	25.8
		»	0.48	0.52	0.61	0.67	0.61	0.59	22.4
		»	0.45	—	0.51	0.68	0.56	—	21.3
		Структурность в %[1]	3.5	5.4	14.0	24.7	28.1	27.7	—
8	Светлокаштановые бесструктурные почвы с уплотненным подпахотным горизонтом	Удельное сопротивление в кг/см²	0.59	0.68	0.92	1.01	1.13	—	14.17
		Плотность в кг/см²	6.2	8.0	12.6	—	13.7	—	—
		Структурность в %[1]	6.3	8.8	11.9	13.3	12.0	11.8	—

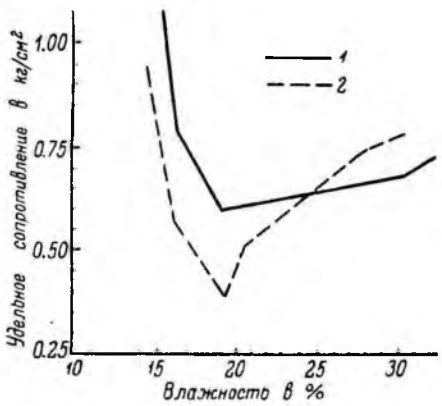
[1] Структурность приведена по фракции 5—3 мм.

В условиях каштановой зоны хлопковых районов АзССР, при фактически однородном механическом составе, характер кривых изменения удельного сопротивления определяется структурой почвы, как это показано на фиг. 3.

Данные, приведенные на фиг. 3, показывают, что удельное сопротивление, по мере увеличения влажности, как общее правило для всех почвенных разностей, падает. Это падение в структурных и бесструктурных почвах происходит почти параллельно и доходит до своего минимума для обеих почв примерно при 20% весовой влажности.

Влажность точки минимального удельного сопротивления мы считаем целесообразным назвать влажностью наименьшего сопротивления.

Эта степень влажности имеет большое производственно-агротехническое значение. При дальнейшем увеличении влажности от точки наименьшего сопротивления, удельное сопротивление, как общее правило, возрастает, но этот рост значительно быстрее на почве структурной по сравнению с бесструктурной (см. фиг. 3).



Фиг. 3. Кривые удельного сопротивления на бесструктурной и структурной почвах:

1 — бесструктурная; *2* — структурная.

Имея основание считать такое поведение исследуемых почв не случайным, мы решили выяснить причины, обусловливающие это явление. Nichols, Bever (1933) и др. доказали, что при высоких категориях влажности величина сопротивления почвы орудиям обработки обусловливается такими константами, как сжатие, слипание и др. Для изучения этого вопроса мы решили пользоваться методом определения липкости при различной влажности, которая оказалась чрезвычайнопоказательной. Результаты указанных исследований, приведенные в табл. 4, показывают, что структурная почва, имея сравнительно низкую липкость в естественном сложении, очень сильно увеличивает ее при нарушении структуры. Те же исследования на почвах бесструктурных показали сравнительно небольшой рост липкости. Это различие приобретает колоссальную важность с точки зрения рациональной обработки и бережного отношения к структуре почвы.

Разрушение структуры в основном происходит под действием почвообрабатывающих орудий, особенно при неправильном их применении. Значительную роль при этом играет влажность почвы. Данные коэффициенты деформации структуры почвы, вычисленные как отношение липкости с нарушенной структурой к соответствующим величинам с ненарушенной структурой по указанным почвенным разностям, резко отличаются. Эти отличия, выраженные в виде кривых (фиг. 4), ясно показывают, что разрушение почвенной структуры под действием давления сильно возрастает при определенной влажности.

В нашем случае, как видно из фиг. 4, кривые деформации идут параллельно до влажности 25—26%. При дальнейшем увеличении влажности разрушающее действие механической силы (давления) резко возрастает. Последнее сильно выражено на структурной почве: максимум его доходит здесь до 320 г/см², в то время как на бесструктурной почве только до 170 г/см² при одной и той же влажности. При этом выступает микрокапиллярная вода внутри аггрегатной системы, вследствие чего липкость на структур-

Таблица 4

Липкость и коэффициент деформации (К) структурной и бесструктурной почвы при различной влажности

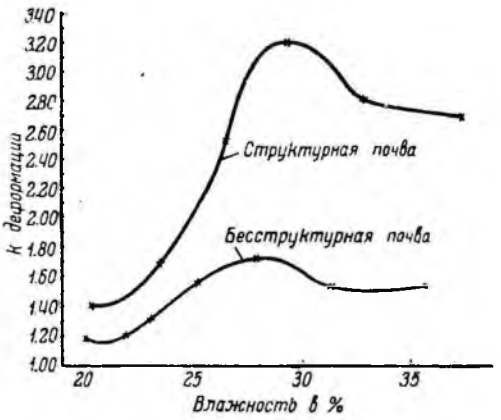
Структурно-луговая почва				Бесструктурная светлокаштановая почва			
Влажность в %	Липкость в г/см²		К деформации	Влажность в %	Липкость в г/см²		К деформации
	с ненарушенной структурой	с нарушенной структурой			с ненарушенной структурой	с нарушенной структурой	
	1	2	(2:1)		1	2	(2:1)
37.15	5.63	15.19	2,67	35.84	10.75	16.80	1.56
32.88	5.30	14.97	2.82	31.25	9.26	14.37	1.55
29.02	4.62	14.31	3.1	28.05	8.04	13.96	1.74
28.29	4.32	14.15	3.28	23.55	6.34	8.35	1.32
26.84	4.03	10.18	2.53	22.11	5.27	6.40	1.21
23.93	3.78	6.45	1.71	20.26	4.30	5.2	1.20

ной почве скачкообразно растет до своего максимума. Можно полагать, что в естественных условиях это явление будет выражено еще более резко, вследствие одновременного действия двух сил: давления и скольжения пласта по поверхности плужного корпуса и всей этой системы на общую поверхность трения частей плуга с почвой.

Гусеницы 60-сильного трактора, по В. Р. Вильямсу (1938), в обычных условиях оказывают вредное действие на структуру почвы в два раза меньшее, чем нога человека.

При работе трактора на сильно увлажненных почвах, когда силы сцепления между частицами почвы очень ослаблены и появляется высокая прилипаемость к металлу, трактор буксует, и разрушающее действие гусениц сильно возрастает.

Избежать этого можно только путем предупреждения обработки почв в чрезмерно влажном состоянии или сильно превышающем влажность наименьшего сопротивления.



Фиг. 4. Кривые коэффициента деформации (*К*) структурных и бесструктурных почв при различной влажности:

1 — структурная почва; *2* — бесструктурная почва.

Если в некоторых случаях допустима обработка бесструктурных почв при повышенной влажности, что вызывает небольшое увеличение расхода горючего, то в отношении структурных почв это связано не только с лишним расходом горючего, но, что более вредно, и с сильно разрушающим действием на структуру почвы.

ЛИТЕРАТУРА

Вильямс В. Р. Принципы реконструктивных мероприятий сельского хозяйства, 1929.
— Почвоведение, М., 1938.
Горячкин В. П. Собрание сочинений, т. III, 1937.
Киквадзе В. В. Факторы, определяющие удельное сопротивление почвы. Механизация и Электрификация, № 10, 1937.
— Физико-механические свойства почвы и ее сопротивление при вспашке. Механизация и Электрификация, № 4, 1939.
Некрасов П. А. и Цитронблат. Отчет Акимовской опытной станции, 1928.
Некрасов П. А. Районирование тракторных плугов. Механизация и Электрификация, № 2, 1938.
Bever L. D. The Physical Properties of soil of interest to Agricultural Engineers. Agr. Eng., v. 13, № 12, 1933, pp. 324—327.

В. П. БАЙКО, Д. И. ПОПАЗОВ

ПОЧВЕННО-АГРОНОМИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ НКЗ СССР
ИМ. АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ СМЕСЕЙ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ И ОТДЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ УСЛОВИЙ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ

Нет необходимости доказывать значение полевого травосеяния. Партия и правительство в своих решениях, направленных на дальнейшее повышение урожайности и развитие продуктивного животноводства, предусматривают внедрение на полях колхозов и совхозов правильных севооборотов с посевом многолетних трав и черными парами. Травосеяние с каждым годом все больше и больше ширится на колхозных и совхозных полях.

Однако освоение полей под травами в правильных севооборотах в большинстве своем идет за счет посева отдельных компонентов бобовых или злаковых, а не за счет травосмесей, как учил акад. В. Р. Вильямс.

В нечерноземных областях и в лесостепи на черноземе продолжают высевать один клевер, а в степных районах Европейской и Азиатской частей СССР — одну люцерну. Что касается районов засушливого юго-востока, то там очень часто высевают одни злаковые (житняк, костер и др.).

Роль травосмесей, как важнейшего агротехнического средства, направленного на восстановление и поддержание условий плодородия почвы, к сожалению, до сих пор недооценивается. Как результат недооценки этой роли травосмесей, имеет место и такой факт, что культуре многолетних злаковых трав, их отбору, выведению и размножению новых сортов уделяется в ряде областей недостаточное внимание. В практике это выражается в том, что травосмеси не высеваются из-за отсутствия злаковых компонентов (лесостепные и южные районы Украины, степные районы Алтайского края и др.).

Недооценка травосмесей вытекает из того, что в агрономической науке до сих пор отсутствует единый взгляд на значение отдельных компонентов трав и травосмесей, как восстановителей плодородия почвы.

Довольно часто, например, высказывается мысль о том, что многолетние травы, и прежде всего бобовые, вследствие своей способности обогащать почву азотом, являются только хорошим предшественником. Такой взгляд базируется на довольно распространенной концепции, рассматривающей плодородие почвы только с точки зрения содержания в ней элементов пищи и в первую очередь азота. Рассматривая бобовое как «азотофиксатор», а злаковое как «азотопотребитель», представители этой точки зрения не допускают культуры многолетних трав в травосмеси, боясь нарушить азотный баланс почвы. При этом упускается из виду то обстоятельство, что задача полевого травосеяния — накопить в верхних слоях почвы деятельный перегной, необходимый для восстановления прочности структуры почвы. «Нам нужен перегной, — писал акад. В. Р. Вильямс (1936),— а не-

Таблица 1

Урожай сена травосмесей отдельных компонентов

Почвенно-климатические зоны	Пункты	Название травосмесей и отдельных компонентов	Срок использования	Урожай	
				в ц/га	прибавка
Лесостепь, чернозем	Рамонское оп. поле (Кулжинский, 1939)	Клевер + житняк	2-го года пользования	35.8	4.1
		Клевер	То же	31.7	—
»	Полтавская оп. станция (Надъярный, 1939)	Люцерна голубая + + житняк	За 3 года пользования	270.6	45.2
		Люцерна голубая	То же	225.4	—
Черноземная степь	Каменностепная госселекстанция (Игнатьев, 1940)	В открытой степи: люцерна гибридная + житняк	За 2 года пользования	39.0	1.9
		Люцерна гибридная	То же	37.1	—
		Среди полос: люцерна гибридная + житняк	»	130.0	21.3
		Люцерна гибридная	»	108.7	—
Степь, обыкновенный чернозем	Бузулукская оп. станция (Знаменский, 1939)	Люцерна + житняк	Данные за 7 лет	17.8	2.3
		Люцерна	»	15.5	—
Степь, южный чернозем	Ростовская оп. станция (Знаменский, 1939)	Люцерна + житняк	Данные за 3 года	37.1	14.3
		Люцерна желтая	То же	22.8	—
Степь	НовНИХИ г. Буденовск Орджоникидзевского края (Казначеев, 1939)	Люцерна желтая + + житняк	2-й год пользования	42.7	8.9
		Люцерна	То же	33.8	—
		Люцерна синяя + + житняк	»	49.0	2.6
		Люцерна синяя	»	46.4	—
		Люцерна синяя + + житняк	За 4 года жизни	59.3	14.5
		Люцерна синяя	То же	44.8	—
	Краснокутская оп. станция (Знаменский, 1939)	Люцерна + житняк	Данные за 5 лет	24.0	3.4
		Люцерна	То же	21.6	—
Зона засушливого земледелия, чернозем	Чкалов (Кулжинский, 1939)	Люцерна + житняк	1-го года пользования	23.8	5.3
		Люцерна	То же	18.5	—
		Люцерна + житняк	2-го года пользования	31.2	2.1
		Люцерна	То же	29.1	—
		Люцерна + житняк	3-го года пользования	67.0	25.9
		Люцерна	То же	41.1	—
Лесостепь, чернозем	Уфа (Кулжинский, 1939)	Люцерна + пырей американский	2-го года пользования	68.0	8.3
		Люцерна	То же	59.7	—
Зона поливного земледелия, серозем	Ак-Кавакская оп. станция (Кулжинский, 1939)	Люцерна самаркандская + райграс	2-го года пользования	117.3[1]	13.5
		Люцерна самаркандская	То же	103.8	—

[1] Всего надземной воздушно-сухой массы в ц/га.

регной может накопить только многолетний злак». И далее: «Можно ли и нужно ли накоплять перегной культурой одного многолетнего бобового, как это делалось до сих пор? У нас нередко стараются накопить перегной культурой люцерны. Это совершенно не верный путь. У люцерны многолетний корень, и наиболее рассеянная масса органического вещества накопляется на большой глубине, а нам нужна структура верхнего слоя. Нам важно иметь не только структуру, но и прочную структуру, нам важна примесь к многолетнему злаку такой травы, которая способна при разложении образовать катион кальция... Для этой цели мы сеем люцерну: она дает при разложении катион кальция».

Накопление перегноя в почве происходит, как известно, за счет органических остатков многолетних трав, причем количество этих остатков в почве всегда повышается с ростом урожая надземной массы (сена). Получение же более высокого урожая сена при правильной агротехнике достигается посевом многолетних трав, производящимся в виде травосмесей, а не отдельных компонентов.

В свое время Чарльз Дарвин (1837) писал: «Доказано на опыте, что, если один участок земли засеять одним видом травы, а другой, сходный, — травами, принадлежащими к нескольким различным родам, то во втором случае получится большее число растений и большее количество сена, чем в первом». По этому же вопросу мы находим прямые высказывания К. А. Тимирязева (1936): «...сельским хозяевам также известно, что с данной площади можно собрать более сена в том случае, когда растительность будет разнообразная, чем в том, когда она будет однообразная». В природе мы, действительно, наблюдаем пышное развитие смесей на лугах и других угодьях.

Акад. П. Н. Константинов (1936), работавший многие годы с многолетними травами в условиях засушливого юго-востока, приходит также к выводу о том, что «...травосмеси дают более высокий и устойчивый урожай, чем чистые посевы». Это в одинаковой мере наблюдается для различных почвенно-климатических зон СССР (табл. 1).

Наши исследования в производственных условиях Алтайского зерносовхоза, расположенного в Приалтайских степях на обыкновенном черноземе, показали, что травосмеси клевер и тимофеевка, люцерна и тимофеевка дают более высокий урожай, чем отдельные бобовые компоненты. Это видно из данных табл. 2.

Таблица 2

Урожай сена травосмесей и отдельных компонентов в ц/га

Название травосмесей и отдельных компонентов	Урожай в ц/га			Прибавка	
	первый год пользования	второй год пользования	всего	абсолютное количество	в %
Клевер	18.9	36.8	55.7	—	100
Клевер и тимофеевка	20.9	51.2	72.1	16.4	129.4
Люцерна	18.6	28.6	47.2	—	100
Люцерна и тимофеевка	18.5	38.7	57.2	10.0	121.2

Все приведенные данные показывают преимущество травосмесей, перед посевом одних бобовых, причем, в зависимости от конкретных условий, отмечается колебание эффективности травосмесей в значительных пределах. В условиях нашего опыта прибавка по травосмесям выразилась в среднем в 25%.

Попутно следует отметить, что на высоту урожая трав влияет уход за травами, в частности количество укосов. Акад. В. Р. Вильямс указывал, что для получения большего количества надземной массы и увеличения корневой системы необходимо производить не менее двух укосов в течение вегетационного периода. Наши данные, приведенные в табл. 3, со всей убедительностью подтверждают это положение.

Таблица 3

Урожай сена многолетних трав, в зависимости от количества укосов

Травы	Количество укосов	Урожай в ц/га			Прибавка	
		в первый год пользования	во второй год пользования	всего	в ц/га	%
Травосмеси	1	17.2	33.5	50.6	—	100
	2	19.7	45.0	64.7	14.1	128.0
Отдельные компоненты	1	17.9	27.8	45.7	—	100
	2	18.8	32.7	51.5	5.8	112.6

Из табл. 3 видно, что травосмеси также дали большую прибавку, в зависимости от количества укосов, чем отдельные компоненты.

Преимущество травосмесей, в сравнении с отдельными компонентами, выражается и в том, что травосмеси, имея более густой травостой, лучше угнетают сорные растения. Это иллюстрируется данными табл. 4, полученными нами в Алтайском зерносовхозе.

Таблица 4

Состояние засоренности травосмесей и отдельных компонентов на первом и третьем году их жизни

Название травосмесей и отдельных компонентов	Год жизни трав	Количество растений на 1 м²	Сорных растений на 1 м²			
			корневищевых	корнеотпрысковых	однолетних	всего
Клевер и тимофеевка	1	—	10	3	30	43
	3	154	11	2	4	17
Люцерна и тимофеевка	1	—	10	2	32	44
	3	180	12	3	7	22
Клевер	1	—	10	4	29	43
	3	132	12	4	10	26
Люцерна	1	—	9	2	31	42
	3	145	13	4	10	29

Из табл. 4 видно, что количество сорняков в травосмесях на третьем году жизни уменьшилось более, чем наполовину, тогда как уменьшение сорняков в составе одних бобовых составляет несколько больше одной трети по сравнению с количеством сорняков на первом году жизни трав. Уменьшение количества сорняков как на травосмесях, так и на отдельных компонентах, идет за счет вытеснения однолетних сорняков. Что касается многолетних сорняков корневищевых и корнеотпрысковых, то их количество на третьем году жизни трав не уменьшилось, а даже несколько увеличилось. Это согласуется с тем практическим выводом, который установился в последние годы в агрономической науке и практике, что многолетние

Таблица 5

Количество корневых остатков под травосмесями и отдельными компонентами

Почвенно-климатические зоны	Пункты	Название травосмесей и отдельных компонентов	Сроки использования в годах	Запасы корней	
				в ц/га	прибавка
Лесостепь, чернозем	Рамонское оп. поле (Кулжинский, 1939)	Клевер + житняк	2-го года пользования	49.3	10.5
		Клевер	То же	38.8	—
	Полтавская оп. станция (Надъярный, 1939)	Люцерна голубая + + житняк широколосый	3-го года пользования	111.7	4.8
		Люцерна голубая	То же	106.9	—
Черноземная степь	Каменно-Степная селекц. станция (Игнатьев, 1940)	В открытой степи: люцерна гибридная + житняк	2-го года пользования	107.8	17.4
		Люцерна	То же	90.4	—
		Среди полос: люцерна гибридная + + житняк	»	159.5	49.6
		Люцерна	»	109.9	—
Лесостепь. Солонцеватый обыкновенный чернозем	Интернациональная МТС (Чижевский, 1938)	Люцерна + американский пырей	2-го года пользования	42.3	17.6
		Люцерна	То же	24.7	—
Зона засушливого земледелия, южный чернозем	Чкалов (Кулжинский, 1939)	Люцерна + житняк	1-го года пользования	39.5	7.3
		Люцерна	То же	32.2	—
		Люцерна + житняк	2-го года пользования	98.5	51.9
		Люцерна	То же	46.6	—
		Люцерна + житняк	3-го года пользования	98.4	28.8
		Люцерна	То же	69.6	—
Степь, каштановые почвы	Люксембургское оп. поле Сталинской обл. (Хандурин, 1934)	Люцерна синяя + + житняк	4-го года пользования	52.6	5.0
		Люцерна синяя	То же	47.6	—
		Люцерна синяя + костер безостый	»	53.2	5.6
		Люцерна синяя	»	47.6	—
Зона поливного земледелия, серозем	Ак-Кавакская оп. станция (Кулжинский, 1939)	Люцерна самаркандская + райграс	2-го года пользования	99.5	11.7
		Люцерна	То же	87.8	—

травы не могут служить надежным средством борьбы с сорной растительностью и требуют для своего возделывания чистых от сорняков почв.

Таким образом, травосмеси, в сравнении с отдельными компонентами, дают более высокий урожай сена и лучше борются с однолетними сорняками. Каждому известно, что уборка, сушка и хранение сена травосмесей происходит более совершенно а, следовательно, и сено травосмесей является более ценным по своему кормовому достоинству.

В литературе приводится очень много данных о корневых остатках многолетних трав различных сроков жизни и пользования, в сравнении с корневыми остатками однолетних культур, где преимущество многолетних трав выявляется со всей очевидностью. Очень часто эти данные приводятся для различных глубин почвенного профиля, безотносительно

к нормальному пахотному слою. Это приводит к тому, что при сопоставлении корневых остатков бобовых и травосмеси в слое 0—45 см (как это делает Г. М. Меерсон, 1939), количество корневых остатков бобовых оказывается больше, чем в травосмесях. Известно, что корневая масса злаковых, главным образом, сосредоточивается в верхнем горизонте почвы, тогда как корневая масса бобовых разветвляется вглубь по профилю. Поэтому нет ничего удивительного, что в слое 0—45 см общая масса корневых остатков бобовых, да еще в условиях орошения, может оказаться выше, чем масса корневых остатков травосмеси в этом же слое.

Однако при сравнении массы корневых остатков бобовых и травосмесей в нормальном пахотном слое количество их под травосмесями всегда будет больше, чем под одними бобовыми, что можно видеть из данных, приведенных в табл. 5.

Данные табл. 5 служат лишним подтверждением высказанного нами положения о том, что чем выше урожай надземной массы, тем больше накопление корневых остатков, причем как урожай сена, так и накопление корневых остатков, выше по травосмесям, чем отдельно по бобовым. Количественно накопление корневых остатков, так же, как и урожай сена, колеблется в широких пределах, в зависимости от конкретных природных условий и сроков пользования травами.

Известно, что накопление перегноя в почве происходит, главным образом, за счет растительных остатков. Однако накопление перегноя за счет растительных остатков однолетних сельскохозяйственных культур практически почти не происходит, так как, отмирая тотчас после созревания однолетних культур, корневые остатки их попадают в условия ярко выраженного аэробиозиса и разлагаются нацело до конечных продуктов разложения.

Корневые остатки многолетних трав, отмирая поздней осенью, вследствие физиологической сухости почвы, весной подвергаются разложению в условиях анаэробиозиса и, вследствие этого, накапливают перегной. О том, насколько больше перегноя накапливается под культурой многолетних трав, в сравнении со старопашкой, парами или другими агротехническими фонами, в агрономической литературе имеется много данных. Некоторые из них приводятся в табл. 6.

Таблица 6

Содержание перегноя на различных агротехнических фонах в пахотном слое[1]

Почвенно-климатические зоны	Пункты	Агрофон	Перегной в %	
			абсолютн.	относит.
Дерново-подзолистые тяжелые суглинки	Менделеевское оп. поле (Кулжинский, 1939)	Овсяное поле	3.02	—
		Клевер 3-го года пользования	3.35	10.6
Лесостепь, чернозем	Мироновская оп. станция (Кулжинский, 1939)	Чистый пар	4.28	—
		Клевер 2-го года пользования	4.40	3.8
	Носовская оп. станция (Кулжинский, 1939)	Вика	3.26	—
		Клевер 2-го года пользования	3.64	11.6

[1] Приводя эти данные, авторы отмечают, что абсолютные прибавки перегноя, особенно по зоне поливного земледелия, слишком велики и не согласуются с теми накоплениями, которые могли быть образованы за счет корневых остатков.

Почвенно-климатические зоны	Пункты	Агрофон	Перегной в %	
			абсолютн.	относит.
Зона засушливого земледелия	Кинельская оп. станция	Старопашка	5.68	—
		Люцерна 5-го года пользования	6.65	17.1
		Костер 5-го года пользования	7.15	25.8
	Чкалов (Кулжинский, 1939)	Кукуруза	2.65	—
		Люцерна + житняк	2.83	6.8
Степь, чернозем	Карабалыкская оп. станция (Чижевский, 1938)	Американский пырей 6-го года пользования	4.25	—
		Естественная залежь 20 лет	4.44	—
Зона орошаемого земледелия, сероземы	Ак-Кавакская оп. станция (Кулжинский, 1939)	Старопашка	0.91	—
		Люцерна	1.61	86.8
	Каунчи (Кулжинский, 1939)	Старопашка	0.81	—
		Люцерна	1.18	45.7
	Хорезм (Кулжинский, 1939)	Старопашка	0.76	—
		Люцерна	0.91	33.4
	Узбекская с.-х. оп. станция (Кулжинский, 1939)	Старопашка	1.11	—
		Люцерна	1.68	51.1

Эти данные красноречиво говорят о том, что многолетние травы увеличивают запас общего перегноя в почве в значительных количествах. Обращает на себя внимание то обстоятельство, что количество перегноя под костровой 5-летней залежью (7.15%) превышает количество перегноя под люцерновой 5-летней залежью (6.65, г. Чкалов), и далее, содержание перегноя в пахотном слое под 6-летним американским пыреем (4.25) почти не уступает содержанию его под 20-летней залежью (4.44%). Это свидетельствует о том, что многолетние злаковые травы представляют собой прекрасное средство обогащения почвы перегноем.

К сожалению, в литературе почти нет данных, где бы сравнивались запасы перегноя почв под травосмесями и отдельными компонентами.

Таблица 7

Содержание перегноя в пахотном слое почвы

Фон	Время взятия образцов почвы	Перегной, по Кнопу, в %	
		абсолютн.	относит.
Старопашка	15/IX—1936 г.	6.25 [1]	—
Травосмесь (клевер+тимофеевка) 2-го года пользования	4/X—1938 г.	6.88 [2]	10.1
Клевер 2-го года пользования .	4/X—1938 г.	6.68 [2]	6.9
Тимофеевка 2-го года пользования	4/X—1938 г.	6.89 [2]	10.2

[1] При анализе корешки растений, содержащиеся в почве, отбирались под лупой.
[2] Корешки не отбирались.

Данные, полученные нами по этому вопросу в Алтайском зерносовхозе, приведенные в табл. 7, говорят о преимуществе как травосмесей, так и злаковых перед бобовыми.

Важно отметить при этом, что накопление перегноя под злаковыми и в данном случае выше, чем под клевером, не уступая даже накоплению перегноя под травосмесью.

Сочетание злакового с бобовым обеспечивает не только накопление перегноя, но и увеличение суммы поглощенных оснований. Это подтверждается следующими данными, полученными нами в Алтайском зерносовхозе.

Таблица 8

Содержание поглощенных катионов в пахотном слое почвы

(в м-экв. на 100 г почвы)

Фон	Поглощенные катионы по Гедройцу		
	$Ca^{\cdot\cdot}$	$Mg^{\cdot\cdot}$	сумма
Старопашка	38.55	2.22	40.77
Клевер + тимофеевка 2-го года пользования	43.95	2.66	46.61
Клевер 2-го года пользования	41.41	2.37	43.78

Если на старопашке сумма поглощенных оснований составляет 40.77 м-экв., то под клевером она увеличилась до 43.78 м-экв. Сумма же поглощенных оснований под травосмесью достигла 46.61 м-экв.

Все приведенные выше показатели (накопление корневых остатков, перегноя и суммы поглощенных оснований) позволяют сделать вывод о том, что образование прочной комковатой структуры наиболее совершенно будет протекать под травосмесями, чем под отдельными компонентами.

Еще Клинген (1903), разбирая вопрос о создании скороспелой залежи, писал:

«В черноземной полосе, — преимущественно в Восточной, Юго-Восточной и Южной России, — многолетние мотыльковые: красный клевер, люцерна, эспарцет, в силу климато-почвенных особенностей упомянутых районов, будучи включены в севооборот, отнюдь не могут служить надежной основой плодородия почвы ни в отношении обогащения почвы азотом, ни в отношении сообщения почве и подпочве нормального и притом прочного почвостроения».

Дав оценку бобовым с точки зрения способности их восстанавливать условия плодородия почвы, он переходит к оценке злаковых:

«Известная группа многолетних злаковых, действуя при определенных условиях, придает почве, — благодаря особенно творческой деятельности своей оригинальной корневой системы, — превосходное почвостроение и в достаточной степени, путем запускания в залежь, обеспечивает плодородие почвы; но, сами по себе взятые, злаки могут сделать это лишь в весьма продолжительный срок».

В итоге Клинген приходит к выводу о необходимости посева травосмесей.

«Наилучшей комбинацией в деле обеспечения плодородия почвы и сообщения ей нормального, прочного почвостроения, — является система возделывания многолетних мотыльковых с соответствующей для каждого отдельного района группой злаковых трав, причем в первый момент мотыльковым растениям представляют все шансы окрепнуть ранее, чем они обра-

тятся при помощи бактерий в азотособирающие аппараты для интенсирования роста и возможного максимального ускорения созревания искусственной залежи злаковых трав, подобранных с наиболее деятельной и притом возможно роскошной корневой системой».

Небезынтересно отметить, что первое более или менее широкое внедрение травосеяния на надельных крестьянских полях Московской и других губерний нечерноземной полосы России шло, как свидетельствует В. Г. Бажаев (1903), по линии посева травосмеси — клевера и тимофеевки — в известных волоколамских и ярославских севооборотах.

Академик В. Р. Вильямс не только обосновал необходимость посева травосмесей в севообороте как важнейшего агротехнического средства для восстановления условий плодородия почвы, но и указал для отдельных макрорайонов виды трав и состав травосмесей. Считая важнейшей задачей полевого травосеяния восстановление структуры почвы и ее прочности, Вильямс в своей работе «Ответ критикам» (1937) писал: «Мы не отрицаем... положительное значение многолетнего бобового, как азотофиксатора и „структурообразователя“. Наоборот, мы постоянно подчеркиваем его. Но это значение бобового не снижает агротехнической роли многолетнего злака, так как процесс структурообразования наиболее совершенно протекает лишь во взаимодействии многолетних бобовых и злаковых трав. Это и достигается посевом их в смеси (клевер и тимофеевка, люцерна и американский пырей, люцерна и житняк и т. п.)».

Преимущество травосмесей перед бобовыми в процессе структурообразования подтверждается полученными нами данными в Алтайском зерносовхозе на обыкновенном черноземе (табл. 9).

Таблица 9

Влияние травосмесей и отдельных компонентов на восстановление структуры почвы в пахотном слое

Фон	Сроки пользования многолетних трав в годах	Количество прочных аггрегатов в % (по методу Саввинова)		
		> 1 мм	1—0.25 мм	< 0.25 мм
Старопашка		23.6	44.5	31.9
Клевер + тимофеевка	1-го года пользования	42.0	37.6	20.4
То же	2-го года пользования	51.9	33.2	14.9
Старопашка		22.3	21.1	32.0
Люцерна + тимофеевка	1-го года пользования	38.6	39.4	22.0
То же	2-го года пользования	53.0	32.6	14.4
Старопашка		25.4	46.3	28.3
Клевер	1-го года пользования	30.7	44.8	24.5
То же	2-го года пользования	40.1	35.8	24.1
Старопашка		22.1	43.2	34.7
Люцерна	1-го года пользования	30.4	41.8	27.8
То же	2-го года пользования	40.6	32.8	26.6

Из табл. 9 видно, что многолетние травы восстанавливают структуру почвы и ее прочность. Количество прочных аггрегатов больше 1 мм под травосмесями двухлетнего пользования в среднем на 12.1% выше, чем под одними бобовыми. Такая же закономерность, как показывает табл. 10, наблюдается и в других исследованиях Почвенно-агрономической станции, проведенных в Интернациональной МТС Северо-Казахстанской области на солонцеватом обыкновенном черноземе и в Миллеровской МТС Ростовской области на южном черноземе (Чижевский, 1938).

Таблица 10

Влияние травосмесей и отдельных компонентов на восстановление структуры почвы и ее прочности

Место взятия образцов	Фон	Глубина в см	Количество прочных аггрегатов в % (по методу Саввинова)		Прибавка в относит. % > 0.25 мм в пользу травосмеси
			>0.25 мм	<0.25 мм	
Интернациональная МТС Северо-Казахстанской обл.	Американский пырей + + люцерна (2-го года пользования	0—8	29.0	71.0	23.1
		8—16	54.7	45.3	28.2
		16—24	65.5	34.5	2.1
	Люцерна (2-го года пользования)	0—8	23.6	76.4	—
		8—16	42.6	57.4	—
		16—24	64.1	35.9	—
Миллеровская МТС	Люцерна + житняк	0—10	32.6	67.4	17.2
		10—20	36.7	63.3	16.6
	Люцерна	0—10	27.8	72.2	—
		10—20	31.5	68.5	—

Чрезвычайно важно отметить, что количество прочных аггрегатов крупнее 0.25 мм под злаковыми многолетними травами даже несколько выше, чем под бобовыми. Это видно как из данных, полученных нами, так и из других данных Почвенно-агрономической станции и Карабалыкской опытной станции (табл. 11).

Таблица 11

Влияние злаковых и бобовых многолетних трав на восстановление структуры почвы в пахотном слое

Место взятия образцов	Почва	Название трав	Количество прочн. аггрегатов в %)
			> 0.25 мм
Алтайский зерносовхоз Алтайского края	Обыкновенный чернозем	Тимофеевка 2-го года пользования	78.6
		Клевер 2-го года пользования	75.9
Интернациональная МТС Северо-Казахстанской обл.	Солонцеватый обыкновенный чернозем	Американский пырей 2-го года пользования	45.6
		Люцерна 2-го года пользования	43.6
Карабалыкская оп. станция Кустанайской обл.	Чернозем	Американский пырей 6-го года пользования	73.0
		Костер 6-го года пользования	71.7
		Люцерна 6-го года пользования	65.8
Миллеровская МТС Ростовской обл.	Южный чернозем	Житняк	31.1
		Люцерна	29.6

Таким образом, посев многолетних трав в травосмеси обеспечивает лучшее восстановление структуры почвы, чем посевы отдельных компонентов. Тот факт, что злаковые не только не уступают бобовым в восстановлении структуры почвы и ее прочности, а даже имеют тенденцию более эф-

фективного действия, лишний раз подчеркивает необходимость посева их в смеси с бобовыми.

Очевидная необходимость посева травосмесей, как уже отмечалось выше, тормозится установившимся взглядом, что злаковые в смеси с бобовыми потребляют азот, накопляемый бобовыми, [1] и что, следовательно, азотный баланс почвы нарушается. Совершенно бесспорно, что злаковые в своем развитии потребляют азот, но они потребляют азот, находящийся в почве, а не тот, который фиксируется клубеньковыми бактериями бобовых из запасов свободного азота атмосферы. Исследованиями установлено, что обогащение почвы азотом, находящимся в корневой системе и клубеньках бобовых, практически происходит только после отмирания бобовых. «В условиях культуры смеси трав это происходит после умерщвления дернины вспашкой, когда этим азотом воспользуется уже не злак травосмеси, а культура следующая по травам» (Вильямс, 1938).

С другой стороны, имеются данные о том, что обогащение азотом происходит и под одними злаковыми травами по сравнению со старопашкой. Некоторые из этих данных приводятся в табл. 12.

Таблица 12

Содержание азота в почве под влиянием злаковых и бобовых многолетних трав в сравнении со старопашкой

Место взятия образцов	Почва	Фон	Азот в %	
			абс. количество	прибавка
Интернациональная МТС Северо-Казахстанской обл. (Чижевский, 1938)	Солонцеватый обыкновенный чернозем	Американский пырей	0.359	0.045
		Старопашка	0.314	—
Алтайский зерносовхоз Алтайского края	Обыкновенный чернозем	Тимофеевка 2-го года пользования	0.300	0.004
		Старопашка	0.296	—
Кинельская оп. станция Куйбышевской обл. (Иванов, 1938)	Чернозем	Костер 5-го года пользования	0.696	0.173
		Старопашка	0.523	—
Безенчукская оп. станция Куйбышевской области (Хандурин, 1934)	Суглинистый чернозем	Костер прямой	6048[1]	1205*
		Пашня	4843[1]	—

* Валовое количество азота в кг на 1 га в слое 0—16 см в перегное и органических веществах почвы.

Это объясняется, прежде всего, тем, что злаковые в результате своего развития оставляют корневые остатки, содержащие азот. Кроме того, под воздействием злаковых многолетних трав, повидимому, создаются благоприятные условия для жизнедеятельности других несимбиотических фиксаторов азота, в частности, азотобактера. Однако нельзя не отметить, что абсолютные прибавки азота по приведенным пунктам, за исключением Алтайского зерносовхоза, очень велики.

В литературе приводится много данных о том, что содержание азота в корневых остатках бобовых выше, чем у злаковых. Данных же, показывающих содержание азота в почве, вышедшей из-под травосмесей, в сравнении с почвой из-под бобовых трав, очень мало. Имеющиеся в нашем рас-

[1] В приведенной выше цитате Клингена видно, что и он рассматривал бобовые, как азотосборателей, способствующих максимальному ускорению созревания искусственной залежи злаковых трав.

поражении данные, приведенные в табл. 13, не дают основания сделать вывод о том, что под травосмесями содержание азота в почве уменьшается по сравнению с бобовыми.

Таблица 13

Влияние травосмесей и отдельных компонентов на накопление азота в почве

Место взятия образцов	Почва	Фон	Глубина в см	Азот в %
Алтайский зерносовхоз Алтайского края	Обыкновенный чернозем	Клевер и тимофеевка 2-го года пользования	0—20	0.308
		Клевер, то же	0—20	0.306
Интернациональная МТС Северо-Казахстанской области (Чижевский, 1938)	Солонцеватый обыкновенный чернозем	Люцерна + американский пырей 2-го года пользования	0—16	0.402
		Люцерна, то же	0—16	0.417
Ак-Кавакская оп. станция (Меерсон, 1939)	Серозем	Люцерна ферганская + + райграс 2-го года пользования	0—15	0.145
			15—30	0.119
		Люцерна ферганская 2-го года пользования	0—15	0.133
			15—30	0.114

Приведенные в табл. 13 данные показывают, что количество азота в почве под травосмесями или одинаково, или колеблется в ту или другую сторону в незначительных величинах. Таким образом, представление о злаковых, как «потребителях» азота, не обосновано, и боязнь введения их в состав травосмесей при полевом травосеянии практически не имеет никаких оснований.

Больше того, по крайней мере в условиях засушливого юго-востока, наблюдается относительное увеличение общего азота в почве при посеве трав в смеси. Представляет также несомненный интерес и то обстоятельство, что содержание азота в корнях смеси многолетних трав выше, чем у отдельных компонентов злаковых и бобовых.

Многолетний злак в данном случае выступает как фактор, стимулирующий азотофиксирующую способность бобового. Этот вывод подтверждается следующими данными Надъярного (1940). Так, в пожнивных остатках и корнях люцерны синей в слое почвы 0—40 см содержалось азота 102.3 кг/га; соответственно в травосмеси люцерна синяя плюс житняк широколосый — 106.5 кг/га, в смеси люцерна синяя плюс костер безостый — 111.3 кг/га. Что касается злаковых, то в пожнивных и корневых остатках их в том же слое содержалось: у житняка широколосого 68.4 кг/га и у костра безостого 65.6 кг/га. Следует отметить, что на стимулирующую роль злаковых в процессе фиксации азота клубеньками бобовых указывал А. Ф. Хандурин (1934), наблюдавший увеличение азота под смесью вика-овес, в сравнении с одной викой.

Синтетическим показателем всех факторов, положительно или отрицательно влияющих на повышение плодородия почв при культуре травосмесей или отдельных компонентов, служит урожай сельскохозяйственных культур, возделанных на этих фонах. Академик П. Н. Константинов (1936), работавший в условиях юго-востока над культурой многолетних трав и обобщивший опыт других опытных учреждений, писал: «По данным опытных учреждений, урожаи пшеницы по житняковому пласту в общем ниже, чем по пласту травосмесей, на 22%; по люцерновому — ниже на 4.27%».

Данные последних лет, полученные Почвенно-агрономической станцией, по пшенице и опытных учреждений по культуре хлопка в различных

районах черноземной полосы, приведенные в табл. 14, показывают преимущество травосмесей перед отдельными бобовыми компонентами.

Таблица 14

Влияние травосмесей и отдельных компонентов на урожай яровой пшеницы и хлопка

Почвенно-климатические зоны	Пункты	Фон	Урожай в ц/га	
			абс.	прибавка
Черноземная степь, обыкновенный чернозем (Игнатьев, 1940)	Каменная степь	В открытой степи:	Пшеница:	
		Люцерна гибридная + житняк 2-го года пользования	19.8	1.5
		Люцерна гибридная 2-го года пользования	18.3	—
		Среди полос:		
		Люцерна гибридная + житняк 2-го года пользования	24.3	4.3
		Люцерна гибридная 2-го года пользования	20.0	—
Лесостепь, солонцеватый чернозем (Почвенно-агроном. станция, 1938, 1939)	Интернациональная МТС Северо-Казахстанской области	Травосмесь	16.4	1.8
		Люцерна	14.6	—
Степь, южный чернозем (Почвенно-агрномическая станция, 1938, 1939)	Миллеровская МТС Ростовской области	Люцерна + житняк	17.9	3.2
		Люцерна	14.7	—
			Хлопок:	
Степь, чернозем (Казначеев, 1939)	Нов. НИХИ г. Буденовск	Люцерна синяя + житняк 2-го года пользования	10.2	0.7
		Люцерна синяя 2-го года пользования	9.5	—
Степь, приазовский чернозем (Иоффе, 1939)	Таманская оп. станция	Травосмесь:		
		Люцерна + житняк различных сроков пользования	15.6	0.3
		Люцерна различных сроков пользования	15.3	—

Из табл. 14 видно, что на различных черноземных почвах при различных климатических условиях травосмеси, по сравнению с бобовыми, дали прибавки в урожае по яровой пшенице и по хлопчатнику.

В нашей работе, проведенной в Алтайском зерносовхозе на обыкновенном черноземе, травосмеси, по сравнению с отдельными бобовыми компонентами, дали прибавки по урожаю яровой пшеницы от 2.5 до 2.9 ц/га, как это видно из табл. 15.

Данные, приведенные в табл. 14 и 15 по урожаю яровой пшеницы и хлопчатника, показывают, что если даже подходить к оценке трав только как к предшественникам, то травосмеси дают более высокий эффект, чем отдельно бобовые. Этот эффект, несомненно, скажется и на последующих культурах в севообороте.

Таблица 15

Влияние травосмесей и отдельных компонентов на урожай яровой пшеницы

Виды пласта	Урожай в ц/га	Прибавка	
		в ц/га	в %
Клевер и тимофеевка	18.73	2.9	18.3
Клевер	15.83	—	—
Люцерна и тимофеевка	18.64	2.5	15.4
Люцерна	16.14	—	—

ВЫВОДЫ

Изложенный выше материал позволяет сделать следующие выводы:

1. Травосмеси, по сравнению с отдельными компонентами в различных почвенно-климатических условиях, дают более высокий урожай сена и лучшего качества.

2. В соответствии с бо́льшим количеством надземной массы количество корневых остатков в почве под травосмесями больше, чем под отдельными компонентами.

3. Накопление перегноя в почве происходит за счет корневых остатков многолетних трав. Чем больше последних, тем больше накопляется перегноя. Накопление перегноя под травосмесями и злаковыми в пределах пахотного слоя выше, чем под отдельными бобовыми.

4. Травосмеси лучше восстанавливают структуру почвы и ее прочность, чем отдельные компоненты.

5. Накопление азота в почве идет как под бобовыми, так и под злаковыми. Отсюда нельзя рассматривать злаковые, как «азотопотребителей». Накопление азота под травосмесью не уступает бобовому. Обнаруживается также стимулирующая роль злакового компонента на азотофиксирующую способность бобового в смеси.

6. Урожай сельскохозяйственных культур после травосмесей выше, чем после отдельных бобовых компонентов.

7. Нельзя рассматривать культуру многолетних трав только как азотонакопителей, ибо такой подход односторонний и потому неправильный. Травы нужно рассматривать, как восстановителей условий плодородия почвы, благоприятствующих эффективному проявлению и накоплению элементов плодородия — воды и пищи. Это более широкое, комплексное значение многолетних трав включает в себя и бесспорно положительное азотофиксирующее значение бобовых.

Таким образом, в полевом травосеянии при освоении травопольных севооборотов должно быть отдано предпочтение травосмесям.

ЛИТЕРАТУРА

Бажаев В. Г. Крестьянское травопольное хозяйство в нечерноземной полосе Европейской России. М., 1900.

— Руководство к правильному устройству травосеяния на надельных крестьянских полях Московской губернии. 1903.

Вильямс В. Р. Методы борьбы с засолением земель. (В порядке обсуждения). Советский хлопок, № 6, 1936.

— Ответ критикам. Правда, 10/X—1937.

— Травопольная система земледелия. Сборник 1938 г. Воронеж.

Дарвин Ч. Происхождение видов. 1937.

Знаменский Л. Н. Смеси бобовых и злаковых трав. Зерновое хозяйство, № 5, 1939.
Иванов Н. К. Факторы плодородия искусственных залежей. Химизация соц. земледелия, № 4, 1938.
Игнатьев С. Н. Полезащитные лесные полосы в связи с травопольной системой земледелия. 1940.
Иоффе Р. Я. Многолетние травы и травосмеси, как предшественники хлопчатника. Советская агрономия, № 7, 1939.
Казначеев Г. Агротехника люцерно-житняковой травосмеси в новых хлопковых районах. Советский хлопок, № 2, 1939.
Клинген И. Скороспелая залежная система для Восточной России преимущественно на черноземных почвах. 1903.
Константинов П. Н. Житняк. 1936.
Кулжинский С. Об усилении действия многолетних трав в севообороте. Соц. сельское хозяйство, № 9, 1939.
Меерсон Г. И. Корневая масса люцерны и травосмесей в условиях орошаемого земледелия. Советская агрономия, № 7, 1939.
— К вопросу о накоплении биологического азота при культуре бобовых трав. Химизация соц. земледелия, № 6, 1939.
Надъярный Ф. М. Некоторые данные к изучению корневых систем трав и травосмесей. Советская агрономия, № 5, 1939.
— Роль многолетних трав в накоплении корневой массы и азота в условиях степи. Советская агрономия, № 8—9, 1940.
Почвенно-агрономическая станция НКЗ СССР им. акад. В. Р. Вильямса. Рукописные отчеты за 1938 и 1939 гг.
Тимирязев К. А. Жизнь растения. 1936.
Хандурин А. Ф. Влияние разных условий на процесс накопления атмосферного азота. Химизация соц. земледелия, № 7, 1934.
Чижевский М. Г. Роль многолетних трав в севообороте в повышении плодородия почвы. Соц. реконструкция сельского хоз., № 6, 1938.

А. А. ТАРУНТАЕВА
КАФЕДРА ПОЧВОВЕДЕНИЯ ТСХА

РОЛЬ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ В СОЗДАНИИ УСЛОВИЙ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

(Доложено на юбилейной научной конференции ТСХА 28/XI 1940 г.)

«Самое важное свойство комковатой почвы то, что на ней всякое мероприятие в растениеводстве — орошение, удобрение, сортовые семена, яровизация и т. д. — проявляют активную эффективность, равную их потенциальной эффективности, или другими словами всякая затрата труда и средств в растениеводстве достигает максимума своей производительности».

В. Р. Вильямс

Акад. В. Р. Вильямс придавал большое значение почвенной структуре. Структурную почву он называл культурной почвой, способной снабжать растения одновременно и непрерывно в максимальных количествах водой и пищей. Рассматривая почву не только как природное тело, но и как основное средство производства, он считал, что на структурной почве всякая затрата труда и средств в растениеводстве достигает максимума своей производительности. Поэтому первой задачей земледелия Василий Робертович считал создание прочнокомковатой структуры почвы и поддержание ее в течение всего периода потребления с.-х. растениями воды и пищи. Второй задачей земледелия, вытекающей из первой, он считал периодическое восстановление прочности структуры почвы.

Задача поддержания прочной структуры почвы выполняется путем накопления в почве деятельного перегноя — продукта синтеза анаэробных бактерий, образующегося при определенных условиях разрушения органических остатков. Говоря о получении высоких урожаев, акад. В. Р. Вильямс указывал, что высокие и устойчивые урожаи у нас будут только тогда, когда мы осуществим научную систему земледелия. Под системой земледелия он понимает ту научную систему мероприятий, задача которых заключается в накоплении в почве новых количеств деятельного перегноя, необходимого для создания прочной комковатой структуры.

На данной стадии развития сельскохозяйственной науки мы имеем передовое, революционное, диалектическое учение акад. В. Р. Вильямса — травопольную систему земледелия, основанную на длительном наблюдении, изучении, опыте и обобщении опыта не только СССР, но и стран, считавшихся передовыми. Это — теория активного вмешательства человека в естественное развитие природы. Учение В. Р. Вильямса показывает нам, как нужно, изучая природу, переделывать ее на пользу человечеству.

В. Р. Вильямс совершенно правильно полагал, что «травопольная система тем и ценна, что она охватывает, объединяет, связывает все элементы производства в совершенно равновеликой мере».

Основной особенностью травопольной системы земледелия служит посев в полях севооборотов многолетних трав в смеси злаковых и бобовых, что приводит к необходимости введения правильных севооборотов, на фоне которых применяется комплекс агротехнических мероприятий. Освоение травопольной системы земледелия обеспечивает получение прочноструктурных культурных почв, на которых более эффективно проявляется действие удобрений, извести, системы подкормок и др. агротехнических приемов.

Если паровая система все внимание сосредоточивала только на полевых угодьях, то травопольная система уничтожает эту односторонность и обращает внимание на все угодья, на все цехи сельскохозяйственного производства: поля, луга, леса, животноводство. В этом — основное преимущество травопольной системы земледелия.

Василий Робертович дал глубоко научное и легко доступное широчайшим массам объяснение плодородия почвы. Он говорит: плодородие почвы — это способность почвы удовлетворять потребность растений в земных факторах жизни — в воде и пище. Бесструктурная почва не в состоянии удовлетворить такие требования. Поэтому веками хищнически использовавшаяся почва должна пройти через посевы многолетних трав, чтобы воссоздать прочную комковатую структуру почвы и восстановить условия плодородия.

Изучение трудов Василия Робертовича, углубление и развитие отдельных звеньев его учения, внедрение его учения в массы, в производство, будет лучшим памятником дорогому учителю — великому ученому нашей страны.

Переходя к изложению экспериментальной части, надо отметить, что в основу наших исследований было положено учение В. Р. Вильямса о травопольной системе земледелия — о создании структуры почвы, о роли многолетних трав в создании условий плодородия почв, о преимуществах структурной почвы перед бесструктурной.

В структурную почву, говорит акад. Вильямс, проникает 100% всего годового количества атмосферной воды, тогда как в бесструктурную почву редко когда проникает больше 30% суммы летних осадков. Структурная почва обеспечивает одновременное наличие в почве воды и пищи, одновременное сочетание аэробного и анаэробного процессов, одновременное нахождение в почве воды и воздуха и ряд других очень ценных качеств, отсутствующих в бесструктурной почве.

В понятие структуры почвы В. Р. Вильямс вкладывал не просто какие-то комки, а комки почвы определенной величины (от 1 до 10 мм в диаметре) с определенными качественными свойствами. Только такую почву он называет культурной.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Изучение влияния многолетних трав на почву нами ведется с 1937 г. Объектами изучения были взяты дерново-подзолистые почвы: 1) с полей Опытной полевой станции ТСХА, 2) Лесной дачи ТСХА, 3) с полей колхозов Дмитровского района Московской обл. и 4) с полей совхоза Дубровицы Подольского района Московской обл., а также деградированный чернозем с полей колхозов Шацкого района Рязанской области.

Почвенные образцы с полей многолетних трав как смесей, так и отдельных компонентов, брались с ненарушенной структурой, в виде небольших монолитов, на глубину 0—10, 10—20, 20—30 см и глубже. Контролем слу-

жила старопашка — почва, никогда не занимавшаяся многолетними травами. Образцы брали осенью в конце вегетационного периода и каждый год в одно время, в сравнимых почвенных условиях.

Ниже приводятся результаты исследований по структуре почв и некоторые физикохимические показатели их.

При взятии почвенных образцов с полей различной окультуренности уже можно было наблюдать различное структурное состояние почвы. Так, старопашка представляла собой распыленную массу со спекшимися крупными и мелкими глыбами. Почва из-под трав выглядела иначе: из-под трав первого года жизни — почва распыленная и глыбистая уже имела структурные отдельности, корни и на корнях комочки почвы; почва из-под трав

Фиг. 1. Образец почвы с глубины 0—10 см с полей тимофеевки разного срока жизни:

1 — тимофеевка третьего года жизни; 2 — тимофеевка второго года жизни; 3 — тимофеевка первого года жизни.

двух-трех лет жизни пронизана множеством корней травянистой растительности, на которых бусами висят комочки почвы; пыли мало, глыб мало — почва состоит из комочков. Приводим снимок почвы из-под трав разных лет жизни (фиг. 1).

По механическому составу почвы указанных районов различны. Так, почвы опытных полей ТСХА представляют собой песчаные суглинки, содержащие много валунов, галек, гравия и крупных зерен песка. Почва полей совхоза Дубровицы Подольского района — тяжелый суглинок. Почвы полей колхоза «Победа» Дмитровского района и почвы Шацкой МТС — средние суглинки.

Аггрегатный состав почв разной степени окультуренности и структурного состояния — старопашка, травы и их смеси — приведен в табл. 1.

Из данных табл. 1 видно, что поля старопашки дают значительно более низкий процент прочных структурных отдельностей по сравнению с полями многолетних трав. В большинстве случаев для почв, находившихся под травами и их смесями, количество прочных структурных отдельностей на 15—20—25% выше, чем на старопахотных почвах.

Такое различие в структурном состоянии наблюдается по различным годам жизни многолетних трав.

Сопоставление данных по структурному состоянию почв из-под многолетних трав в смеси злаков и бобовых и отдельных компонентов (злака и бобового) ясно показывает, независимо от года жизни трав, большее окультуривающее значение травосмеси клевера с тимофеевкой.

Таблица 1

Количество прочных аггрегатов в дерново-подзолистых почвах и деградированном черноземе на старопашке и из-под трав

(по методу Саввинова)

Поле	Год пользования	Глубина в см	% прочных аггрегатов > 0.25 мм
Дерново-подзолистые почвы			
Опытное поле ТСХА, I сетка			
Старопашка		0—10	45.8
		10—20	54.2
		20—30	44.4
Клевер	Первый	0—10	58.6
		10—20	50.6
Тимофеевка	Первый	0—10	58.6
		10—20	53.4
		20—30	52.6
Клевер + тимофеевка	Первый	0—10	63.2
		10—20	61.2
		20—30	44.6
Люцерна	Первый	0—10	63.0
		10—20	58.8
		20—30	59.2
Опытное поле ТСХА, Лихоборские бугры			
Старопашка	—	0—10	41.4
		10—20	44.8
		20—30	58.6
Тимофеевка	Первый	0—10	64.4
		10—20	63.2
		20—30	40.0
Клевер	Первый	0—10	64.2
		10—20	64.4
		20—30	36.0
Опытное поле ТСХА, I сетка			
Клевер	Второй	0—10	72.4
		10—20	66.4
		20—30	44.0
Тимофеевка	Второй	0—10	71.8
		10—20	66.4
		20—30	63.0
Клевер + тимофеевка	Второй	0—10	79.4
		10—20	73.8
		20—30	70.0
Клевер + тимофеевка	Третий	0—10	95.0
		10—20	77.2
		20—30	57.0
Тимофеевка	Третий	0—10	85.5
		10—20	73.1
		20—30	67.9
Опытное поле ТСХА, II сетка			
Старопашка	—	0—10	55.1
		10—20	54.2
Клевер + тимофеевка	Второй	0—10	60.0
		10—20	57.2

Продолжение табл. 1

Поле	Год пользования	Глубина в см	% прочных аггрегатов > 0.25 мм
Колхоз «Победа» Дмитровского района Московской обл.			
Старопашка	—	0—20	32.68
Клевер + тимофеевка	Первый	0—20	42.72
Клевер + тимофеевка	Второй	0—20	54.22
Совхоз Дубровицы Подольского р-на Московской обл.			
Старопашка	—	0—10	7.3
		10—20	17.25
		20—30	14.2
Клевер	Первый	0—10	37.2
		10—20	33.6
		20—30	24.2
Клевер + тимофеевка	Первый	0—10	44.72
		10—20	34.2
Клевер + тимофеевка	Второй	0—10	47.00
		10—20	38.4
		20—30	24.3
Деградированный чернозем			
Колхоз «2-й съезд Советов» Шацкого района Рязанской обл.			
Старопашка	—	0—10	26.5
		10—20	42.7
Клевер	Второй	0—10	29.0
		10—20	49.12
Клевер + тимофеевка	Второй	0—10	29.0
		10—20	52.8

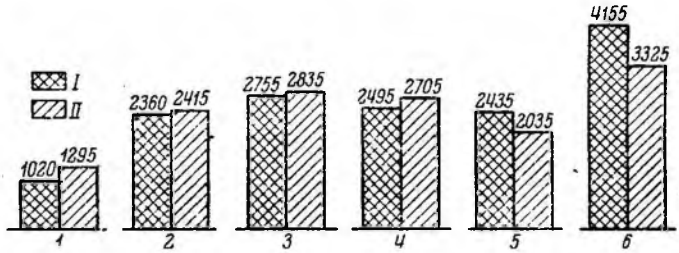
Для почв слабо дерновых, сильно подзолистых в первую очередь ясно заметно улучшение структурного состояния на глубину 0—20 см и более слабое воздействие трав на слой почвы глубже 20 см.

Сравнивая структуру почвы полей разных районов (Подольский, Дмитровский, поля ТСХА), почв разной степени окультуренности, разного механического состава и сложения, можно отметить, что поля старопашки имеют прочных аггрегатов самое большее от 7 до 55%, тогда как эти же поля, находившиеся под многолетними травами, повышают содержание прочных аггрегатов до 70—80—90%.

Сопоставляя данные структурного состояния полей старопашки и трав даже первого года жизни, можно, как правило, отметить положительную роль многолетних трав, как структурообразователей. Подобная роль трав сказывается даже на таких почвах, какими являются поля опытной полевой станции ТСХА, где наблюдается вообще хороший уход за почвой при систематическом внесении значительно повышенных количеств навоза, минеральных удобрений и извести.

Проанализировав структурное состояние описанных выше почв методом Саввинова и установив роль многолетних трав как структурообразователей, мы решили испытать эти почвы на размыв методом Вильямса, чтобы выяснить, какова их водопроницаемость и насколько прочна структура. Для этого почвенные фракции от 2 до 3 мм с полей старопашки и многолетних трав, как в смеси, так и отдельными компонентами, размывали в приборе Вильямса в течение 5 суток. Ежедневно, через каждый час в те-

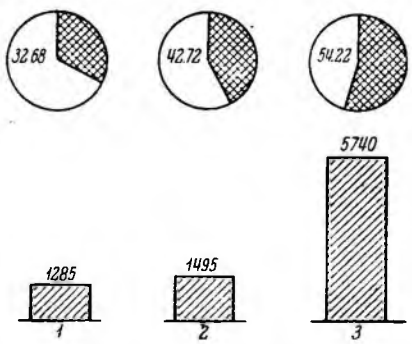
чение 6 часов, вели наблюдения за количеством воды, прошедшим через образец. Данные за час и их сумму за 6 часов мы записывали, а затем подсчитывали общее количество воды, профильтровавшее через образец за 30 часов наблюдений в течение 5 дней.



Фиг. 2. Диаграмма количества воды, прошедшей за 30 часов наблюдения (в см³) через почвенные фракции размером 2—3 мм (почвенные образцы с опытного поля ТСХА):

I — данные для горизонта 0—10 см; *II* — данные для горизонта 10—20 см: *1* — старопашка; *2* — клевер + тимофеевка первого года пользования; *3* — клевер + тимофеевка второго года пользования; *4* — тимофеевка второго года пользования; *5* — клевер второго года пользования; *6* — клевер + тимофеевка третьего года пользования; *7* — тимофеевка третьего года пользования.

При размыве в первое время вода протекала очень быстро через почвы как из-под старопашки, так и из-под многолетних трав, но вскоре почвы старопашки замедляли ток воды, а затем и совсем прекращали. Почвы из-под многолетних трав различных лет жизни не прекращали водного тока, но скорость его замедлялась. Из почв старопашки через некоторое время вода стала выходить окрашенной в желтоватый цвет, что указывало на вымывание из почвы подвижного перегноя и различных солей; в то же время жидкость, выходившая из почв из-под многолетних трав, всегда была прозрачна.



Фиг. 3. Диаграмма количества прочных аггрегатов в % (верхняя часть диаграммы) и количества прошедшей воды в см³ за 30 часов наблюдения (нижняя часть диаграммы) в образцах почвы с глубины 0—20 см с полей колхоза «Победа» Дмитровского района Московской обл.:

1 — старопашка; *2* — клевер + тимофеевка первого года пользования; *3* — клевер + тимофеевка второго года пользования. В верхней части диаграммы структурные аггрегаты обозначены штриховкой.

Общее количество воды, прошедшее через образец почв за 30 часов наблюдений, приводится в табл. 2. Для иллюстрации те же данные для почв с полей ТСХА приводятся на фиг. 2, а для полей колхоза «Победа» Дмитровского района Московской области — на фиг. 3.

Данные, приведенные в табл. 2 и на фиг. 2, показывают следующее:

1. Почвы из-под многолетних трав пропускают сквозь себя в 2—3—4 раза большее количество воды по сравнению с почвами полей старопашки, что говорит о преимуществе почв из-под многолетних трав — рыхлокустовых злаков и бобовых — перед старопашкой как в части прочности структуры, так и в части водопроницаемости.

2. Многолетние травы восстанавливают прочность структуры почвы и закрепляют перегной.

3. Почвы указанных районов нуждаются в восстановлении прочности структуры и создании условий плодородия почв, нуждаются в посеве многолетних трав.

Таблица 2

Количество воды, прошедшей через почвенные фракции от 2 до 3 мм в приборе Вильямса за 30 час. наблюдения

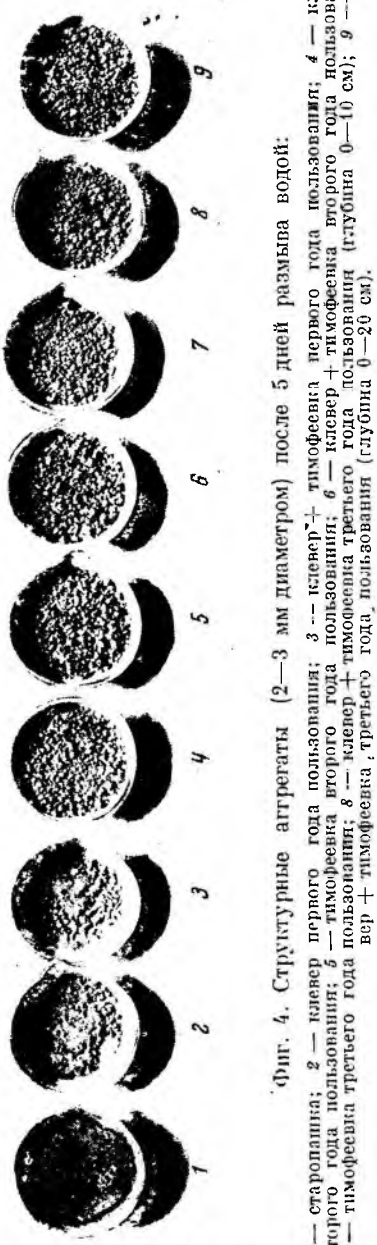
Поле	Год пользования трав	Глубина в см	Количество воды в см³
Дерново-подзолистые почвы			
Опытное поле ТСХА			
Старопашка	—	0—10	1 020
		10—20	1 295
Клевер + тимофеевка	Первый	0—10	2 360
		10—20	2 415
Клевер + тимофеевка	Второй	0—10	2 755
		10—20	2 835
Тимофеевка	Второй	0—10	2 495
		10—20	2 705
Клевер	Второй	0—10	2 435
		10—20	2 085
Клевер + тимофеевка	Третий	0—10	4 155
		10—20	3 325
Колхоз «Победа» Дмитровского района			
Старопашка	—	0—20	1 285
Клевер + тимофеевка	Первый	0—20	1 495
Клевер + тимофеевка	Второй	0—20	5 74
Средний деградированный суглинистый чернозем Колхоз им. «2-го съезда Советов» Шацкого района			
Старопашка	—	0—10	1 030
		10—20	705
Клевер + тимофеевка	Второй	0—10	2 300
		10—20	2 025
Клевер	Второй	0—10	1 560
		10—20	2 170

После пяти дней размыва водой почвы в мокром состоянии помещали в фарфоровые чашечки и оставляли стоять на воздухе. После нескольких дней свободного испарения воды в образцах была определена влажность. При этом оказалось, что почва из-под многолетних трав после долгого размыва водой сохранила способность удерживать влагу. Так, образец почвы из-под старопашки имел 60% влажности, а образец из-под клевера с тимофеевкой второго года пользования — 90.1%.

После высыхания почвы в чашечках приобрели такой вид: старопашка, в мокром состоянии расплывшаяся, превратилась в сухую спекшуюся глыбу; у краев чашечки образовались трещины, с поверхности наблюдалась мелкая пористость. Почва из-под многолетних трав сохранила комковидную структуру и по высыхании разбилась опять на структурные отдельности от 2 до 3 мм, как это показано на фиг. 4.

На фиг. 3 ясно видна роль многолетних трав, как создателей и восстановителей прочной структуры почвы.

Одновременно на полях многолетних трав Опытной станции ТСХА проводились определения соотношения веса сухого вещества надземной части к корневой системе. Определение весовой массы корней производилось на глубину 20 см в образцах почв размером $20 \times 20 \times 20$ см.



Фиг. 4. Структурные аггрегаты (2—3 мм диаметром) после 5 дней размыва водой:
1 — старопашка; *2* — клевер первого года пользования; *3* — клевер + тимофеевка первого года пользования; *4* — клевер второго года пользования; *5* — тимофеевка второго года пользования; *6* — клевер + тимофеевка второго года пользования; *7* — тимофеевка третьего года пользования; *8* — клевер + тимофеевка третьего года пользования (глубина 0—10 см); *9* — клевер + тимофеевка, третьего года пользования (глубина 0—20 см).

В табл. 3 приводим некоторые данные, достаточно характеризующие распределение надземной и подземной массы отдельных многолетних трав и их роли в почвообразовании.

Произведенные измерения показывают, что тимофеевка обоих годов посева дает значительно бо́льшую массу корней в одном и том же объеме почвы по сравнению с клевером. Тем самым можно полагать, что многолетние злаки, благодаря их мощной корневой системе, способны на большее обогащение почвы гумусом и на придание почве прочной комковатой структуры.

Смесь многолетних трав бобовых и злаковых также дает в пахотном слое значительную корневую массу, что, конечно, не может не сказаться на изменении почвообразовательного процесса в сторону большего развития дерновой стадии почвообразования, а в условиях сельскохозяйственного производства — на увеличении окультуривания почвенных горизонтов и повышении урожаев.

Содержание общего и водорастворимого гумуса, а также общего азота, в почвах полей разного структурного состояния приводится в табл. 4. Определение общего гумуса производилось методом Кнопа, с отбором только крупных корней, а общего азота — методом Къельдаля. Приведенные в табл. 4 данные показывают, что на почвах полей опытной полевой станции ТСХА, имеющих достаточную окультуренность, все же отмечается влияние многолетних трав в части закрепления в почве азота, ослабления степени подвижности перегноя и увеличения в почвенных горизонтах активного или деятельного перегноя.

Из приведенных в табл. 4 данных видно также, что старопашка содержит общего гумуса меньше почти на 0.5% при повышенном количестве водорастворимого перегноя. Следовательно, многолетние травы, как говорит акад. В. Р. Вильямс, накопляют и закрепляют деятельный перегной.

Интересно проследить урожайность на почвах, вышедших из-под многолетних трав, по сравнению с другими предшественниками. Данные эти имеются в нашем распоряжении, к сожалению, только по одному клеверу. Урожай яровой пшеницы на полевой опытной станции ТСХА за 1940 г. по различным предшественникам будет следующий:

по клеверу	16.4 ц/га	по картофелю	13.8 ц/га
по вике на зерно . .	13.0 »	по льну (лен сеялся по клеверу)	14.4 »

И здесь мы наблюдаем опять-таки более высокий урожай по многолетним травам.

Таблица 3

Вес надземной и подземной частей трав на полях опытной станции ТСХА (1 сетка) в образце почвы размером 20 × 20 × 20 см

(в мае 1939 г.)

Название многолетних трав	Надземная масса в г	Корни в г	Отношение надземной массы к подземной
Клевер 2-го года пользования	5.5	2.95	1:0.54
Клевер + тимофеевка 2-го года пользования	7.2	9.35	1:1.30
Тимофеевка 2-го года пользования	10.3	13.1	1:1.27
Тимофеевка 3-го года пользования	26.2	66.2	1:2.53

Таблица 4

Содержание общего, воднорастворимого гумуса и общего азота в почвах опытных полей ТСХА

(в % от абсолютно сухой почвы)

Поле	Глубина в см	Общий гумус	Водно-растворимый гумус	Общий азот
Старопашка	0—10	2.38	0.018	0.12
	10—20	2.37	0.018	0.12
	20—30	1.77	0.013	0.11
Тимофеевка 2-го года пользования	0—10	2.95	0.015	0.18
	10—20	2.87	0.014	0.17
	20—30	2.79	0.014	0.16
Клевер 2-го года пользования	0—10	2.50	0.015	0.16
	10—20	2.70	0.015	0.16
	20—30	2.32	0.013	0.13
Клевер + тимофеевка 2-го года пользования	0—10	2.67	0.014	0.16
	10—20	2.77	0.016	0.16
	20—30	2.84	0.016	0.17
Сенокосная смесь 3-го года пользования	0—10	2.80	0.018	0.17
	10—20	2.76	0.015	0.17
	20—30	2.60	0.008	0.16

Таким образом, наши исследования почв из-под многолетних трав и старопашки лишний раз иллюстрируют положение акад. В. Р. Вильямса о том, что первоочередной задачей земледелия по созданию условий эффективного плодородия служит создание комковатой структуры почвы и поддержание ее прочности, что достигается введением правильных травопольных севооборотов.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

СБОРНИК ПАМЯТИ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

П. Г. ЗАХАРОВ

КАФЕДРА ПОЧВОВЕДЕНИЯ ТСХА

ТРАВОПОЛЬНАЯ СИСТЕМА ЗЕМЛЕДЕЛИЯ — ОСНОВА БОРЬБЫ С ЭРОЗИЕЙ ПОЧВ

В наследие от капиталистической России мы получили обезображенную «частнособственническим свинством» территорию. Только в Европейской части СССР насчитывается около 2 млн. га действующих оврагов и 7—8 млн. га смытых почв (Панков, 1938), характеризующихся крайне низким эффективным плодородием — 2—3 ц/га.

Хищническое использование природных богатств и, в частности, почв в дореволюционной России привело к усиленному истреблению лесов, чрезмерной распашке целинных земель, к утрате структурного состояния почв, усилению поверхностного стока талых и дождевых вод, смыву и размыву почвы.

Многочисленные наблюдения за поверхностным стоком осадков свидетельствуют о том, что в таких областях, например, как Тульская, Орловская, сток талых вод достигает 80—90% (Овчинников и Седых, 1936).

Стекающая по поверхности почвы вода атмосферных осадков не только слабо впитывается в бесструктурную почву и потому не может быть использована растением, но и производит колоссальный ущерб в виде смыва и размыва почвы, выщелачивания удобрений, заиления водоемов, заноса лугов, разрушения дорог и т. д. Ежегодный ущерб от эрозии выражается многими миллионами рублей.

Не приходится доказывать, что борьба с эрозией имеет огромное значение не только для сельского хозяйства, но и для народного хозяйства в целом.

Огромная значимость проблемы борьбы с эрозией у многих уже не вызывает сомнения. Больше того, ею занимаются у нас не только научные учреждения (Почвенный институт АН СССР, ВНИЛАМИ и др.), но и земельные органы, совхозы и колхозы.

Однако в борьбе с эрозией решающее значение имеет выбор пути, по которому следует вести эту борьбу.

В настоящее время можно говорить, по крайней мере, о четырех путях борьбы с эрозией почв. Первый из этих путей наиболее ясно формулируется в статье сотрудника Новосильской опытно-овражной станции Я. В. Корнева (1937), где автор предлагает разрабатывать и осуществлять мероприятия по борьбе с эрозией «в соответствии с формой и силой эрозионного процесса». Иными словами, Я. В. Корнев призывает приспособляться к эрозии. Поэтому все противоэрозионные мероприятия он делит на пассивные и активные. «Группа пассивных мероприятий состоит в приспособлении техники и агротехники к отдельным частям склона в зависимости от степени эродированности их. К группе активных мероприятий относится такое мероприятие, как деление территории на две части: приводораздельную и присетьевую» (позднее предлагалось деление на 3 части).

«Это разделение, — пишет Я. В. Корнев, — необходимо потому, что эрозия распределяется неравномерно по элементам склонов». Все отличие «пассивных» от «активных» мероприятий заключается, по Корневу, в том, что активные требуют «изменения структуры хозяйства, плана посева и т. д.», т. е. в случае применения «активных» мероприятий приспособление к эрозии должно пойти не только по линии «техники и агротехники», но и по линии изменения специализации хозяйства, планового задания, ибо «тип сельского хозяйства целиком зависит от силы смыва и размыва поверхности. По характеру и силе эрозии почв можно судить о производительных возможностях эродируемых сельскохозяйственных территорий и проводить по этому признаку районирование». (Там же, стр. 245).

В последующем труде, считая, повидимому, что «пассивных» и «активных» мероприятий недостаточно, Я. В. Корнев идет дальше. Так, в статье «Сельскохозяйственное значение эрозии и борьба с нею» (1938) на стр. 88 он приводит формулу: $E = \Phi\ (P\ K\ O)$, согласно которой эрозия почв (E) рассматривается им как функция (Φ) производственных отношений (P), количества и интенсивности осадков (O) и природных геоморфологических условий местности (K). Считая, что факторы K и O не могут быть подвергнуты значительным изменениям, Корнев рекомендует все внимание обратить на регулирование фактора P. А что такое фактор P? По Корневу, это «производственные отношения с вытекающими из них формами и техникой использования земель».

Так, начав рассмотрение проблемы борьбы с эрозией почв с неправильных методологических позиций (подчинение природе), Я. В. Корнев пришел к явно неприемлемым, вредным выводам. Советская наука, наше социалистическое земледелие знает не мало мужественных ученых (Лысенко, Цицин, Мичурин, Вильямс) и стахановцев сельского хозяйства, которые учат покорять, изменять природу в интересах трудящегося человечества, а не приспособляться к ней.

Поэтому путь приспособления к эрозии в целях борьбы с нею, на который ориентирует Я. В. Корнев, не может быть приемлем.

За последнее время все чаще и чаще можно слышать утверждение, что в качестве «ведущего фактора эрозионного процесса» следует считать геоморфологические условия (Гуссак, 1940).

Выставляющие это положение, естественно, стремятся активно воздействовать на «ведущий фактор эрозионного процесса». Поэтому они не только усиленно занимаются морфогенезисом и морфометрией, но и придают большое значение в борьбе с эрозией таким мероприятиям, как терасирование, обвалование, contur farming, strip cropping и т. п., т. е. фактически равняются в вопросах борьбы с эрозией на американцев. Это равнение зашло настолько далеко, что появление американской или английской книжки по эрозии рассматривается как «самое значительное явление на эрозионном фронте за последние годы» (Гуссак, 1940).

Уместно указать, что многими иностранными специалистами (Russel, 1935, McDonald, 1939, и др.) более «значительным явлением на эрозионном фронте» признается учение В. Р. Вильямса о травопольной системе земледелия, чего наши эрозионщики, признанные референты иностранной литературы по эрозии почв, пока «не заметили».

Путь борьбы с эрозией почв, основывающийся на признании ведущей роли за геоморфологическими условиями, также не верен.

100—150 лет назад в ряде губерний бывшей царской России (Тульская, Орловская, Курская, Рязанская и др.) не было усиленной эрозии.

Позже (в конце прошлого столетия), когда резко усилилось хищническое воздействие человека на природу и в особенности на почву, территория этих губерний покрылась густой сетью оврагов.

Но это произошло, конечно, не в результате резкого изменения геоморфологических условий, а в результате нерациональной хозяйственной деятельности человека, отсутствия ухода за почвой.

Третий подход к решению проблемы борьбы с эрозией намечается в противоэрозионной практике центральных земледельческих областей (Курской, Орловской, Тульской, Рязанской). Здесь основное внимание в борьбе с эрозией уделяется фитомелиоративным мероприятиям по оврагам и на приовражьях. Залужение смытых земель, организация на них лугопастбищных севооборотов, облесение оврагов, лесополосы, — вот те мероприятия, которые рекомендуются, а отчасти уже проводятся в этих областях.

Не отрицая огромного противоэрозионного значения этих мероприятий, все же необходимо указать, что с помощью их одних задача не решится. Известно, что борьба с эрозией на приовражьях и по оврагам означает борьбу со следствием, а не с причиной. Причина эрозии — неурегулированный поверхностный сток на всей водосборной площади; значит, вся эта площадь должна быть охвачена противоэрозионными мероприятиями.

С этой точки зрения следует считать единственно правильными указания акад. В. Р. Вильямса, который считал, что в условиях Европейской равнины СССР проблема борьбы с эрозией почвы в основном решается при осуществлении травопольной системы земледелия, т. е. комплекса агротехнических мероприятий (организация территории, травопольные севообороты, полезащитные насаждения и др.).

Наибольшая эффективность именно этих мероприятий по борьбе с эрозией подтверждается новейшими исследованиями и всей противоэрозионной практикой (зарубежной и советской).

Так, например, проф. Н. С. Соколов (1940) в обзоре материалов научно-исследовательских учреждений США по эрозии пишет: «Эффективность мероприятий по борьбе с эрозией и ее предупреждению может быть обеспечена только применением целой системы взаимосвязанных и друг друга обусловливающих мероприятий. Никакой отдельный прием не может быть эффективен при его изолированном применении. В основу этой системы должен быть положен дифференцированный подход к использованию различных элементов рельефа, как в отношении их хозяйственного использования (облесение, залужение... размещение полевых угодий), так и при проведении агротехнических и мелиоративных мероприятий и организации полевых работ».

«Использование под полевые культуры почв, подверженных эрозии, должно включать, как обязательное требование, введение севооборота с многолетними травами».

Таким образом, по свидетельству Соколова, исследователи США пришли к полному подтверждению правильности всех принципов травопольной системы земледелия, разработанной академиком В. Р. Вильямсом.

Не будет преувеличением, если мы скажем, что бо́льшая часть известных нам многочисленных американских работ по эрозии целиком подтверждает утверждение Вильямса о том, что травопольная система земледелия служит основой борьбы с эрозией почв.

Так, например, рассматривая роль многолетних трав в создании прочной структуры почвы и значение последней в регулировании водного режима страны, Бредфильд (Bradfield) считает, что сведение лесов и распашка целинных степей, а также культура однолетних растений привели к потере почвой ее структурного состояния; в связи с этим ухудшились ее водные свойства, резко возросли смывы и выдувание почвы. Все это, по мнению автора, делает задачу улучшения структуры почвы первостепенной.

Касаясь путей создания и улучшения структуры, Бредфильд указывает, что на девственных почвах структура почвы образуется под влиянием многолетних злаковых трав и их смесей с бобовыми.

Известный исследователь в области эрозии почв Беннетт (Bennett, 1935) также не только сильно подчеркивает значение многолетней травянистой растительности как почвозащитного и почвоулучшающего средства, но и указывает на необходимость осуществления агротехнической организации территории в целях борьбы с эрозией почвы. Следовательно, эти воззрения крупнейшего американского исследователя целиком совпадают с указаниями В. Р. Вильямса.

Учение Вильямса о травопольной системе земледелия лежит в основе постановлений всесоюзных совещаний по борьбе с эрозией. Так, например, в материалах первого всесоюзного совещания по эрозии указано: «при планировании и проектировании почвозащитных мероприятий и организации территории эродируемых площадей, совещание считает необходимым положить в основу систему учения академика В. Р. Вильямса»...

В полном соответствии с этим находится проектирование противоэрозионных мероприятий по Европейской равнине, осуществляемое экспедицией Академии Наук.

Следовательно, у нас имеются все основания утверждать, что успешная борьба с эрозией почв немыслима без одновременного осуществления травопольной системы земледелия или ее элементов.

Рассмотрим несколько подробнее значение некоторых элементов травопольной системы в борьбе с эрозией.

АГРОТЕХНИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ

Одним из характерных признаков травопольной системы служит то, что она обращает внимание земледельца не только на поля, полевые культуры, но и на все без исключения угодия — на поля, луга и леса. «Травопольная система тем и ценна, что она охватывает, объединяет, связывает все элементы производства в совершенно равновеликой мере» (В. Р. Вильямс, 1939).

Это положение о гармоническом сочетании основных с.-х. угодий является исходным пунктом противоэрозионной борьбы. Без осуществления его нечего и думать о рациональных мерах борьбы с эрозией.

Конкретизируя эти соображения применительно к с.-х. территории, Вильямс (1939) указывает: «Второе отличие травопольной системы земледелия... то, что она всю территорию сельского хозяйства разделяет на три группы угодий: на водоразделы, склоны и долины. Все эти три группы угодий должны быть обслужены совершенно самостоятельно, но планово согласованными системами мероприятий. Они должны быть обслужены совершенно самостоятельными системами восстановления плодородия почвы, так как одну систему при трех разных комбинациях условий, понятно, выработать нельзя. Нужна отдельная система для водоразделов, отдельная система для области полей и отдельная система для области так называемых «абсолютно луговых земель».

«Совершенно безусловное требование травопольной системы таково: все возвышенные места, на которых урожай травянистых растений как многолетних, так и однолетних не может быть устойчивым, должны быть непременно облесены». (Подчеркнуто нами. — *П. З.*)

«Два рода угодий — долина и склоны — должны быть разграничены. Должно быть два севооборота: один — охватывающий склоны, другой долины»...

...«Для повышения производительности труда в сельском хозяйстве необходимо расчленить эти угодия на... кормовой севооборот и полевой севооборот» (В. Р. Вильямс, 1939).

Такой подход к использованию территории вытекает из глубокого анализа распределения условий плодородия по элементам рельефа, из стремления создать наиболее удовлетворительную обстановку для с.-х. культур с тем, чтобы поднять их урожайность, покорить с помощью леса, луга стихийные силы природы.

Эти указания В. Р. Вильямса являются «руководством к действию» по организации территории в любых природных условиях. Так, например, в наиболее эродированных областях Европейской части СССР (Тульская, Орловская, Курская, Воронежская и др.) на основе этих указаний необходимо выделить под облесение прежде всего растущие размывы (овраги) и сильно скелетные каменистые почвы водоразделов, непригодные для возделывания полевых и луговых растений.

Приовражья должны быть заняты или под многолетние травы или под кормовые (почвозащитные) севообороты с большим количеством полей многолетних трав. Однако в обоих случаях, в целях создания благоприятного пищевого и микробиологического режимов, необходимо применить здесь усиленные дозы органических и минеральных удобрений. Большая же часть территории (платообразные, водораздельные пространства и прилегающие к ним первая и вторая трети склонов) должна заниматься полевым травопольным севооборотом.

ПОЛЕВОЙ ТРАВОПОЛЬНЫЙ СЕВООБОРОТ

Установлено, что одним из главных противоэрозионных мероприятий является севооборот. Поэтому выбор севооборота для хозяйства с наличием усиленных эрозионных процессов имеет решающее значение в деле борьбы с эрозией.

Чем определяется достоинство севооборота в противоэрозионном отношении? Во-первых, тем, конечно, чтобы севооборот способствовал выполнению планового государственного задания и полному обеспечению продовольственных и фуражных потребностей хозяйства. Во-вторых, тем, как он способствует сохранению и прогрессивному улучшению почвы, ее плодородия.

В этом отношении севообороту надо предъявлять двоякое требование:

1. Он должен обеспечить наличие не менее 50—60% почвопокровных культур, т. е. чтобы в севообороте было покрыто («одето») растительной «шубой» не менее 50—60% всей территории. Этому требованию удовлетворяет огромное большинство севооборотов.

2. Он должен способствовать систематическому улучшению физико-химических свойств почв и прежде всего структуры почвы, ибо структура почвы — «ключ к высоким и устойчивым урожаям». Это одно из основных положений, главное агротехническое требование к севообороту, которое мы обязаны обеспечить при разработке и введении севооборотов.

Известно, что этим требованиям удовлетворяет севооборот с многолетними травами. Но не всякий севооборот с многолетними травами одинаково справляется с этой задачей. Следует помнить, что многолетние травы многосторонне влияют на почву. Все то, что дают многолетние травы, мы обязаны использовать полностью; это наш государственный долг использовать рационально те средства производства, с которыми мы работаем.

Однако полностью использовать все, что дают многолетние травы, не удается, когда травяные поля в севообороте используются под озимые. В этом случае все то огромное количество органических остатков, которыми многолетние травы обогащают почву, ставится в исключительно благоприятные условия разложения. Хороший доступ воздуха в почву, оптимальная для микроорганизмов пюньская температура, вызывают быстрое разложение растительных остатков, накопление элементов пищи растений,

и, в частности, нитратов, как продукта аэробного разложения органического вещества. Таким образом, в пару создается избыточное количество азотной пищи — нитратов. Эта пища лежит в готовом для употребления виде, но в пару, где нет ее потребителей — культурных растений. Она выщелачивается июльскими дождями, денитрифицируется, т. е. в значительных количествах «пускается на ветер».

Используя многолетние травы по типу клеверного пара, мы снова разрушаем структуру, не улучшаем водопроницаемость почвы, теряем много азота. Значит, об удовлетворительном решении задачи, стоящей перед севооборотом, говорить еще рано.

Важно не только получать высокий урожай, но и систематически повышать плодородие почвы, в частности, сохранять воду и пищу растений. Поэтому необходимо бережно и полностью использовать благотворное влияние многолетних трав на почву, что наиболее успешно достигается при введении травопольных севооборотов, где по пласту многолетних трав идет яровая культура.

Необходимо отметить, что, защищая травопольные севообороты как путь, позволяющий рационально использовать разностороннее влияние многолетних трав на почву, мы ни в коей мере не посягаем на озимые. Известно, что озимые — одна из главных культур. Недопустимо не только сокращение посевной площади под ними, но и малейшее ослабление внимания к этим культурам. Задача состоит в том, чтобы ввести такие севообороты, которые обеспечили бы в потребном количестве производство зерна, зеленых кормов и способствовали бы повышению плодородия, ликвидации эрозии. Таковы травопольные севообороты.

Часто приходится слышать, что травопольные севообороты не обеспечивают выполнения заданий по зерновым культурам и, в частности, по озимым. С таким отношением к травопольным севооборотам нам пришлось встретиться, например, в текущем году в Суджанском районе Курской области.

В этом районе по ряду колхозов (например, по большинству колхозов Мартыновского и Ч. Олешинского сельсоветов) предпочитают вводить такую схему полевого севооборота:

1 — черный пар,
2 — озимые,
3 — свекла,
4 — яровое + травы,
5 — травы,
6 — травы,
7 — озимое,
8 — яровое.

Эта схема позволяет иметь 50% зерновых, 12.5% свеклы и 25% многолетних трав. В отношении предшественников для ведущих культур (свекла, озимые) он не плохой, но по своему агротехническому эффекту он стоит недалеко впереди от паропропашного севооборота, поскольку, пласт многолетних трав используется как клеверный пар. Мы могли бы рекомендовать взамен этого более совершенное травопольное восьмиполье:

1 — травы,
2 — травы,
3 — яровая пшеница
4 — яровое сборное,
5 — пар,
6 — озимое,
7 — свекла,
8 — яровое + травы.

Этот севооборот обеспечивает нужный процент зерновых и свеклы и значительно лучше по своему влиянию на почву; однако при современном по-

ложении с яровыми пшеницами еще преждевременно сокращать озимые до одного поля. Поэтому следует несколько изменить этот севооборот в сторону сохранения двух полей озимых и обеспечения их лучшими предшественниками. Этот севооборот выглядит так:

1 — черный пар,
2 — озимое + травы,
3 — травы,
4 — травы.
5 — яровая пшеница,
6 — пропашное,
7 — занятой пар,
8 — озимое,
9 — яровое.

Эта схема севооборота, с нашей точки зрения, более полно отвечает агротехническим требованиям к севообороту.

В колхозах этой области при значительно развитом животноводстве, с большими перспективами в отношении дальнейшего роста животноводства, потребуется сравнительно большие площади отвести под кормовые севообороты; поэтому в полевом севообороте этих хозяйств должно быть больше зерновых, с тем, чтобы можно было в целом по хозяйству выдержать определенные площади под зерновыми. Для таких хозяйств можно рекомендовать, например, такие схемы:

1 — черный пар
2 — озимое + травы,
3 — травы,
4 — яровая пшеница,
5 — пропашные,
6 — яровое + клевер,
7 — клеверный пар,
8 — озимое,
9 — яровое.

1 — черный пар,
2 — озимое + травы,
3 — травы,
4 — травы,
5 — яровая пшеница,
6 — яровые зернобобовые + пропашные,
7 — яровое + клевер,
8 — клеверный пар,
9 — озимое,
10 — яровое.

Эти севообороты позволяют иметь не менее 55% зерновых, не ущемляют озимые, способствуют сохранению плодородия и наиболее эффективны в борьбе с эрозией.

Правда, в первое время возможно некоторое напряжение с семенами многолетних трав, но в дальнейшем, когда в хозяйстве будут свои семена многолетних трав, посев двух полей трав уже не будет обременителен.

Мы не останавливаемся здесь на таких элементах травопольной системы земледелия, как система полезащитных лесных и садовых насаждений, система обработки почвы, система удобрения. Роль и значение этих вопросов в борьбе с эрозией совершенно неоспоримы.

Таким образом, травопольные севообороты, травопольная система земледелия в целом наиболее успешно позволят выполнить те задачи, которые стоят перед с.-х. производством в области повышения урожайности, развития высокопродуктивного животноводства и, в частности, в отношении борьбы с эрозией почв.

ЛИТЕРАТУРА

Вильямс В. Р. Основы земледелия. М., 1939.
Гуссак В. Б. Проблема эрозии в свете соврем. литературы. Почвоведение, № 5, 1940.
Корнев Я. В. Эрозия почвы как фактор урожайности. Сб. «Эрозия почв», стр. 188—245. Изд. АН СССР, 1937.
— Сельскохозяйственное значение эрозии и борьба с нею. Сб. «Борьба с эрозией почв в СССР», стр. 87—98. Изд. АН СССР, 1938.

Овчинников И. И. и Седых М. Н. Вопросы агролесомелиорации в Московской области (рукопись), 1936.
Панков А. М. Проблема почвенных эрозий в СССР. Сб. «Борьба с эрозией почв в СССР», стр. 27—28. Изд. АН СССС, 1938.
Соколов Н. С. Новые данные о причинах эрозии и мерах борьбы с нею. Советская агрономия, № 5, 1940.
Химизация соц. земледелия, № 7, 1937; (по рефер. Н. Соколова).
Bennett H. H. Отношение травянистого покрова к борьбе с эрозией почв. Journal of the Am. Soc. of Agr. 1935, sept., v. 27, № 9.
McDonald A. H. Soil fertility and tilth in relation to soil erosion. Agr. Gaz. N. S. W., 50, 3, 1939.
Russel K. I. Academician W. R. Williams. Сб. «50 лет научной, педагогич. и обществ. деятельности акад. В. Р. Вильямса», 1935.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

СБОРНИК ПАМЯТИ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

М. Н. ПЕРШИНА

КАФЕДРА ПОЧВОВЕДЕНИЯ ТСХА

ПРИРОДА ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ КИСЛОВОДСКОГО РАЙОНА И РОЛЬ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В БОРЬБЕ С НИМИ

Эрозия почв, распространенная по земной поверхности при различных природных условиях, в большой мере является наследием прошлого нерационального хищнического земледелия капиталистического строя. Отсюда, естественно, вытекает необходимость применения систем мероприятий, предупреждающих развитие эрозионных процессов.

Акад. В. Р. Вильямс (1933, 1935, 1939) указывает, что «в бюджете народного хозяйства появляется ряд непроизводительных статей — борьба с оврагами, борьба с перекатами. Эта борьба, направленная на следствия, а не на причины явлений, не имеет под собой никакого логического основания». В. Р. Вильямс придает исключительное значение древесной и многолетней травянистой растительности в регуляции стока и смыва. Он указывает, что человек, уничтожая растительный покров, влияет на смыв и размыв территории: «...Все распахано до самых бросовых земель и все смотрят, нельзя ли еще что-нибудь распахать. Голодный скот пошел в леса — итти больше некуда и постепенно леса были истреблены. Пали леса, освободилась вода. С ревом несутся с оголенных водоразделов после всякого дождя сильные потоки. Каждой весной, в этот «праздник природы» они сносят неисчислимые площади самой плодородной земли и умчав все накопленные многотысячелетними процессами зольные богатства в моря, покрывают слоем бесплодного кварца то, что не могла унести вода».

Вопросам почвенной эрозии как народнохозяйственной проблеме в последнее время посвящено значительное количество работ [проф. А. М. Панкова (1934, 1935, 1936), В. В. Гуссака (1936), С. С.Соболева (1938), П. Г. Захарова (1936), А. С. Козьменко (1936) и др.]. В иностранной литературе данным вопросам уделяется также большое внимание [Лаудермилк (Lowdermilk, 1935, 1924, 1934), Беннетт (Bennett, 1927, 1928, 1935)]. Сводка советской и иностранной литературы дана в указанных работах А. М. Панкова. В настоящее время необходимо считать установленным, что почвенная эрозия в широком ее понимании (очерченном А. М. Панковым и другими исследователями) представляет огромное разрушение и истощение почв, происходящее, главным образом, под влиянием непрерывного воздействия человека. Уже в работах Леваковского, Докучаева, Никитина, Тилло имеются указания на распространение эрозионных процессов на территории старой России.

В 1936 г., при производстве почвенных исследований в Кисловодском районе, нам удалось собрать некоторые материалы по вопросам эрозионных процессов горных областей, составляющие предмет настоящего сообщения.

Климатические условия территории характеризуются бесснежной зимой и максимумом осадков в мае и июне. Осадки имеют ливневый характер: во время ливней водотоки существующих балок наполняются водой, с большой скоростью уносящей камни, обломки горных пород и иногда растения. Водотоки больших балок — Березовой, Ольховки — во время и вскоре после ливней имеют темный цвет, что обусловливается огромным смывом чернозема с прилегающих склонов.

В условиях Кисловодска наиболее высокие температуры приходятся на июнь—июль, наиболее низкие — на январь (Вязовский, 1925).

Обследованная территория находится на возвышенности, залегающей в юго-западной части Джинальского плато (Д. Г. Виленский, 1927). Первичный рельеф, созданный тектоническими процессами, претерпел глубокие изменения под совокупным воздействием выветривания, денудации и водной эрозии [как показали исследования Ренгартена (1915), Рейнгарта (1912) и Григорьева (1913)].

Основными почвообразующими породами служат отложения меловой системы, кварцевый песчаник с оолитово-известковыми и железистыми цементами, глауконито-кварцевый песчаник с глинистым цементом и мел. Менее распространены делювиальные и аллювиальные отложения.

По характеру растительности территория представляет горную лесостепь. С 800 до 950 м над уровнем моря северные и западные склоны заняты разнотравно-злаковой растительностью луговостепного типа, с 950 до 1000 м и выше отмечается древесно-кустарниковая растительность. Южные склоны на высоте 950—1000 м заняты степной растительностью с единичными экземплярами кустарников. Плато от 800 до 950—1000 м в некоторых случаях занято пропашными культурами, свыше 1000 м, по преимуществу, пастбищами с луговыми злаками и разнотравьем, среди которых встречаются и представители субальпийской флоры.

Территория представляет изрезанное балками плоскогорье с резким падением высот с востока на запад. Наибольшие абсолютные высоты (свыше 1200—1300 м) находятся в юго-восточной части исследуемой территории (отроги Джинальского хребта), наименьшая высота (828 м) находится на западе, при впадении Широкой балки в р. Ольховку.

Отпрепарированные денудацией пласты осадочной серии песчаников меловой эпохи (по преимуществу нижней) образуют ряд параллельных гряд-мысов отрогов Джинальского хребта, рассекаемых глубокими долинами балок (местами р. Ольховки), имеющих направление по преимуществу с запада на восток в соответствии с общим падением высот. Все балки имеют огромное количество разветвлений. Притоки балок сосредоточены, главным образом, по правым южным берегам балок, отличающимся резкой крутизной, что необходимо поставить в связь с наибольшей инсоляцией склонов южных экспозиций, наибольшим выветриванием, слабым развитием растительности и, отсюда, наиболее резким выражением эрозионных явлений. По дну указанных балок отмечаются водотоки, происхождение которых связано с поступлением снеговых и дождевых вод с гор Синих, Васиковой и Малое седло, откуда вода, собираясь по понижениям, устремляется в истоки балок. Можно полагать, что в пределах исследованной территории происходит энергичное углубление долин, как проявление нового эрозионного цикла. На это указывает наличие чрезвычайно глубоких современных русел с высотой берегов от 1 до 6—10 м, в которых протекают ручьи. В большинстве долин можно выделить 3 террасы. Дно большинства притоков долин заполнено аллювиальными отложениями, генетически связанными с породами окружающих склонов. Мощность аллювиального чехла различна, увеличиваясь от подножия склона к центру балки. Все долины тем более извилисты, чем они уже. В своем верхнем течении долины при большом падении высот

и чрезвычайно отвесных берегах имеют характер каньонов; в дальнейшем, начиная со второй трети русла, долины расширяются.

Резкое несоответствие между небольшими водотоками балок и хорошо развитыми террасами их, огромная глубина балок и большая общая занимаемая ими площадь — все это указывает на то, что образование их произошло не в современную эпоху. Развитие долин требует большой работы текучей воды. Имеющейся в настоящее время воды недостаточно для производства огромной работы, необходимой на прорытие таких значительных долин.

История развития рельефа карстовой области связана с эпейрогеническими поднятиями Кавказского хребта, древнеледниковыми процессами и эрозионными процессами, протекавшими в межледниковые и послеледниковые периоды.

Усиленные ежегодные весенние палы привели к постепенному уничтожению древесной растительности и замене ее мелким изреженным кустарником на северных склонах Широкого и Змеевого мысов. Усиленная пастьба скота на высоких плато Васиково и Малое седло и на южных крутых склонах привели к полному уничтожению древесной растительности. Остатки последней в виде единичных экземпляров представлены на южных крутых склонах. Кроме указанной причины, возможно, что на южных склонах большая сухость, огромное испарение и близкое залегание песчаников способствовало недостаточному развитию древесной растительности и дальнейшему отступлению ее в связи с прогрессирующим иссушением, уплотнением и разбиванием поверхностного горизонта пастьбой скота. Наиболее равнинные участки — плато и дно балок — подверглись ранее всего усиленной распашке. Поэтому здесь древесная растительность была уничтожена в первую очередь. На некоторых плато и сейчас отмечается уплотненный ортштейновый горизонт, хотя кремнеземистая присыпка отсутствует.

Как было указано выше, в условиях данного района процесс обезлесения начался давно и интенсивно продолжается в настоящее время (палы, сенокошение). Происшедшее обезлесение территории, на ряду с геологическими и геоморфологическими процессами, послужили ближайшими причинами, обусловившими развитие эрозии и эрозионных форм рельефа. Большая распаханность склонов, выбитость травянистого покрова южных крутых склонов, отсутствие прочной структуры почвы, отсутствие древесной растительности как регулятора водного режима,— все эти факторы способствовали развитию эрозионных процессов.

В соответствии с учением В. В. Докучаева (1899) о вертикальной зональности почв, впоследствии развитым С. А. Захаровым (1913, 1934), почвы территории образуют вертикальные микрозоны.

Горные дерново-подзолистые почвы развиваются на высоте от 1000 до 1200 м над уровнем моря, занимая северные, северо-западные и западные крутые и обрывистые склоны Змеевого и Широкого мысов. Почвообразующая порода представлена по преимуществу глауконитово-кварцевым песчаником и в меньшей степени делювием.

Горные дерново-подзолистые почвы, развивающиеся под пологом деревянистой растительности (орешника, дуба, березы, осины), имеют перегнойный горизонт мощностью до 40 см. Как следствие защитной роли подстилки смыв отсутствует. При изреженном древостое мощное развитие травянистого покрова обусловливает отсутствие смыва почв.

Горные серые и темносерые лесные почвы развиваются на северо-западных склонах, занимая абсолютные высоты над уровнем моря от 1000 до 1200 м и северные склоны — от 960 до 1080 м.

Признаки горных темносерых лесных почв: мощность перегнойного горизонта А колеблется от 27 до 43 см. В верхней части находится уплотненная дернина, переплетенная массой корней луговой растительности. Мощ-

ность дернины колеблется от 3 до 8 см, глубина вскипания 150—180 см, в горизонте A_2 имеется кремнеземистая присыпка, в горизонте В — ореховатая структура.

Можно было бы ожидать на шлейфах склонов большей мощности перегнойного горизонта и значительного содержания гумуса темносерых лесных почв по сравнению со склонами. Это в действительности отмечается только в почвах, занятых луговой растительностью, на пахотных же участках данные явления не выражены. Последнее, очевидно, связано с тем, что крутые и покатые склоны (преобладающие на территории) не распахиваются, а занимаются луговой растительностью, способствующей структурообразованию и обусловливающей отсутствие смыва (табл. 1). Наоборот, почвы шлейфов склонов в большинстве случаев занимаются пропашными культурами, в связи с чем происходит разрушение структуры почвы с последующим смывом поверхностного горизонта (разрезы 454—458, табл. 1).

Таблица 1

Данные структурного и аггрегатного анализа по методу Саввинова некоторых почв Кисловодского района

Вид анализа	Размер фракций в мм								
	>10	10—5	5—3	3—2	2—1	1.0—0.5	0.5—0.25	>0.25	<0.25
	Разрез 225 гор. А (3—15 см) Луг								
Структурный	16.2	6.6	16.7	19.8	12.9	9.7	2.4	83.6	16.4
Аггрегатный	—	—	43.5	12.5	13.2	6.7	2.7	78.7	21.3
	Разрез 225 гор. А (33—43 см)								
Структурный	10.5	7.2	21.5	17.2	22.4	12.2	5.0	95.7	4.3
Аггрегатный	—	—	5.9	12.9	23.6	16.5	8.7	67.6	32.4
	Разрез 527 гор. А (0—12 см) Луг								
Структурный	26.5	13.0	20.7	14.0	9.4	7.1	3.3	94.0	6.0
Аггрегатный	—	—	45.1	9.6	12.9	8.0	5.3	81.0	19.0
	Разрез 527 гор. А (30—42 см)								
Структурный	61.3	30.1	7.7	0.6	0.1	0.1	0.1	100.0	0.0
Аггрегатный	—	—	31.4	23.9	18.5	5.8	3.1	82.7	17.3
	Разрез 438 гор. А (3—16 см) Луг								
Структурный	5.3	16.8	31.9	21.00	16.0	3.5	0.5	95.1	4.9
Аггрегатный	—	—	30.6	10.2	13.9	9.8	7.5	71.9	28.1
	Разрез 312 (3—20 см) Пашня								
Структурный	22.5	15.3	13.7	7.6	6.0	6.3	6.3	77.7	22.3
Аггрегатный	—	—	3.7	1.7	7.2	12.4	10.9	36.9	63.1
	Разрез 448 (0—11 см) Пашня								
Структурный	18.1	12.3	16.6	13.9	10.9	6.7	1.7	80.2	19.8
Аггрегатный	—	—	21.3	5.9	6.3	8.2	9.9	51.6	48.4
	Разрез 446 (3—15 см) Луг								
Структурный	23.9	15.2	24.9	11.2	6.4	4.0	1.4	86.8	13.2
Аггрегатный	—	—	47.9	7.8	8.9	6.0	4.5	75.2	24.8
	Разрез 454 (0—15 см) Пашня								
Структурный	15.7	9.3	12.4	10.3	9.5	8.2	6.6	72.7	27.3
Аггрегатный	—	—	17.2	4.8	9.1	7.6	11.1	49.6	50.4
	Разрез 458 (2—15 см) Луг								
Структурный	17.5	14.4	18.8	11.1	7.1	5.7	4.6	78.2	21.8
Аггрегатный	—	—	39.8	6.1	7.2	4.9	5.7	63.7	36.3

Таблица

Некоторые аналитические данные почв пахотных и луговых угодий Кисловодского района

№ разреза	Абс. высота над уровнем моря в м	Угодье	Горизонт	Глубина в см	Гумус в %	Общий азот в %	P_2O_5, по Аррениусу, в мг на 100 г	Сумма поглощ. оснований, по Каппену (в м-экв. на 100 г почвы)	Гидролит. кислотность (в м-экв. на 100 г почвы)	Емкость поглощения Е (в м-экв. на 100 г почвы)	Степень насыщенности основаниями в %
458	990	Луг	A_1	2—15	5.27	0.31	5.5	18.9	5.5	24.4	77.5
			B_1	31—41	2.13	—	3.0	14.2	2.1	16.3	87.1
454	993	Пашня	A_1	0—15	4.06	0.20	1.5	17.5	4.1	21.6	81.0
			B_1	22—32	2.20	—	1.5	15.0	2.8	17.8	84.2
534	1080	Пашня	A_1	1—10	3.92	—	1.5	15.0	4.5	19.5	76.0
			B	43—59	1.03	—	—	15.9	1.2	17.1	87.7
306	1048	Луг	A	2—12	5.35	—	5.0	—	—	—	—

Из данных табл. 2 видно, что на пахотных участках, вследствие эрозионных процессов, произошла значительная потеря гумуса (около 1%) в сравнении с луговыми угодьями. Количество легкоусвояемой фосфорной кислоты на пахотных угодьях также меньше, чем на лугу. Таким образом, из сопоставления указанных данных следует, что усиленная распашка склонов, при отсутствии введения в севооборот многолетних трав, способствует развитию эрозионных процессов, отсюда — потере гумуса и элементов пищи растений. Горный выщелоченный чернозем занимает по преимуществу склоны северной, несколько в меньшем количестве — западной и восточной экспозиции и плато, начиная с высоты 960 м до 1200 м над уровнем моря.

Развитие выщелоченного чернозема непосредственно связывается с влиянием луговой растительности, сменившей ранее существовавшую здесь древесную растительность.

Горный выщелоченный чернозем формируется на глауконито-кварцевом песчанике, продуктах его выветривания и делювии. Признаки его: горизонт А имеет мощность от 32 до 60 см, А + В — от 60 до 120 см для супесчаных и легкосуглинистых разностей; для суглинистых и тяжелосуглинистых разностей мощность горизонта А — от 23 до 50 см, А + В — от 42 до 100 см, глубина вскипания колеблется от 130 до 160 см. Перегнойный горизонт имеет зернистую структуру, пахотный слой обычно бесструктурен. Горизонт В в верхней части представлен зернисто-комковатой структурой, в нижней — ореховатой, поверхность отдельностей которой покрыта кремнеземистой присыпкой.

Химические свойства характеризуются данными, приведенными в табл. 3. Как видно из этой таблицы, количество гумуса в перегнойном горизонте горного выщелоченного чернозема колеблется в пределах от 5.2% до 8.8%.

При этом наименьшее количество гумуса содержится в разрезах 312, 245 и 448. Уменьшение количества гумуса на пахотных участках по сравнению с луговыми обусловливается, главным образом, развитием эрозии.

В области гор Синих, Васиковой, Малое седло формируется выщелоченный чернозем, переходный к горнолуговым почвам. Развитие этой почвенной разности, очевидно, связано с длительным воздействием луговых растительных формаций, обусловливающих накопление растительных остатков, образование мощной дернины, четко выраженной зернистой структуры и накопление перегноя. Отличительные признаки: хорошая задернованность, отчетливая зернистая структура горизонта А. Горизонт В значительно уплотнен, в нижней части горизонта A_2 отмечается высокое содержание кремне-

Таблица 3

Гумус, общий азот, легкоусвояемая фосфорная кислота и степень насыщенности горного выщелоченного и горного обыкновенного чернозема

№ разреза	Абс. высота над уровнем моря в м	Угодье	Горизонт	Глубина в см	Гумус в %	P_2O_5, по Аррениусу, в мг на 100 г почвы	Сумма поглощ. оснований по Каппену (в м-экв. на 100 г почвы)	Гидролит. кислотность (в м-экв. на 100 г почвы)	Емкость поглощения Е (в м-экв. на 100 г почвы)	Степень насыщенности основаниями в %
312	980	Пашня	A_1	3—20	5.21	4.0	18.8	2.6	21.4	87.8
438	980	Луг	A_1	3—16	6.75	4.5	17.8	2.4	20.2	88.1
245	948	Пашня	A_1	2—17	5.71	—	—	—	—	—
343	944	Луг	A_1	5—20	7.20	—	20.7	3.2	23.9	86.6
448	982	Пашня	A_1	0—11	6.31	6.0	19.0	4.0	23.0	83.0
			B	34—47	2.00	3.0	20.1	2.2	22.3	90.1
446	995	Луг	A	3—15	6.98	9.0	22.2	5.9	28.1	79.0
			B	32—42	3.11	—	21.9	1.0	22.9	95.6
349	916	—	A	5—20	8.80	—	22.8	4.0	26.8	85.1
			B_1	50—62	2.61	—	18.0	2.0	20.0	90.0
			B_2	100—112	0.94	—	—	—	—	—

земистой присыпки. Мощность горизонта А 50—65 см, А + В 100—120 см, вскипание до глубины 150 см не обнаружено. Содержание гумуса, колеблющееся от 8.2% до 10.1%, в значительной степени превышает количество гумуса в горных выщелоченных черноземах, что необходимо отнести за счет развития луговой растительности и изменения климатических условий.

Характерной особенностью данных почв является сравнительно слабая их водопроницаемость. Это, возможно, обусловливается сильной задернованностью почв, сравнительно тяжелым механическим составом, а также залеганием на небольшой глубине под делювием непроницаемой плиты песчаников. После дождей вода обычно стоит на поверхности почвы продолжительный период, частично устремляясь по понижениям на крутые обрывистые склоны балок. Отмечено, что узкие понижения — «ложбины» — на крутых склонах приурочиваются к местам, куда вода устремляется с высоких плато. В процессе смыва водные потоки производят на своем пути разрушение, прежде всего — снос поверхностного слоя почвы. В особенности это имеет место на южных, слабо задернованных склонах, где вода не может быть удержана в силу сравнительно слабой задернованности почв, малого содержания гумуса и отсутствия структуры почвы.

Одним из мероприятий по урегулированию водного режима территории и прекращению эрозионных процессов должно быть обращение поверхностного стока воды во внутренний.

Свойства почв исследованной нами территории находятся в непосредственной связи со специфичностью горных условий. Особенности резко расчлененного эрозионного рельефа создают быстрое удаление продуктов разложения органических остатков.

Горный обыкновенный чернозем занимает различные элементы рельефа, от 864 до 940 м над уровнем моря. В зависимости от сочетания факторов обыкновенный чернозем имеет те или иные особенности. Различие в экспозиции сказывается на характере и скорости геологических и биологических процессов. На северных склонах, как правило, отмечается наличие делювиальных отложений, представленных тяжелыми суглинками и глинами, мощность которых возрастает к подножию склона. На южных экспозициях дело-

виальный плащ отсутствует, выходы кварцевых песчаников близки к поверхности. Отсюда различие экспозиции склонов обусловливает своеобразие почвообразующих пород, влияние которых сказывается на характере эрозионных процессов. Наконец, распределение растительности на северных и южных склонах различно: северные склоны способствуют развитию растительности более северного типа (луговой и древесной), южные — развитию степной растительности.

На ряду с этим производственная деятельность человека может ускорить или замедлить данный процесс. Так, почвы покатых и крутых склонов по преимуществу северной экспозиции и в абсолютно меньшей степени восточной и западной, занятые луговой растительностью, в силу развития дернины, накопления органического вещества и прочной структуры не имеют признаков смыва. Здесь обыкновенный чернозем имеет наибольшую мощность перегнойного горизонта (А + В = 80—110 см), ясно выраженную зернистую структуру, сравнительно большое количество перегноя. Данные по содержанию гумуса, степени насыщенности почв основаниями в образцах из разрезов обыкновенных черноземов указывают на то, что покатые склоны северной экспозиции, занятые луговостепной растительностью, действительно способствуют накоплению перегноя и высокой степени насыщенности почв основаниями.

При длительной обработке почв и отсутствии травопольных севооборотов происходит разрушение структуры почвы (разрез 438 и 312, табл. 1) и развиваются эрозионные процессы. Наоборот, на лугу отмечается процесс образования прочных структурных аггрегатов в горизонте А, обусловливаемый воздействием корневых систем многолетних злаков (разрез 225, 527). В горных выщелоченных и обыкновенных черноземах под влиянием распашки происходит разрушение прочной структуры (разрез 448, 446, 438, 312, табл. 1), главным образом крупных комков, за счет увеличения распыленной части (<0.25) и зернистых элементов (от 0.5 до 0.25 мм).

Разрушение прочной структуры почвы является одной из причин эрозионных процессов.

В результате смыва поверхностного слоя почвы мощность перегнойного горизонта (А + В) в разрезах, заложенных на распаханных склонах, значительно меньше по сравнению с аналогичными разрезами под луговой растительностью.

На южных склонах, вследствие большой инсоляции, близких выходов песчаников, изреженного травостоя степной растительности, скорость биологических процессов больше, что сказывается на характере почв и их химических свойствах. Вследствие имеющегося смыва поверхностного слоя, мощность перегнойного горизонта меньше, глубина вскипания выше по сравнению с северными склонами. Мощность горизонта А колеблется в пределах от 25 до 45 см, А + В — от 40 до 70 см, глубина вскипания 36—60 см.

Совокупность факторов почвообразования приводит к тому, что на крутых южных склонах определенных высот образуется смытый щебенчатый карбонатный чернозем и его варианты. Щебенчатый карбонатный смытый чернозем имеет с поверхности щебень, горизонт В часто отсутствует, и в этом случае перегнойный горизонт переходит в почвообразующую породу— песчаник; глубина вскипания в пределах 0—25 см. Общие черты почв склонов южных экспозиций (чрезвычайная прерывистость, неоднородность и пестрота их) являются следствием эрозионных процессов, имеющих здесь широкое распространение.

На основании изложенного представляется возможным сделать следующие выводы.

Эрозионные процессы в условиях исследованной территории представлены главным образом поверхностным смывом, в меньшей степени — боковым и донным размывом.

Развитию указанных процессов, на ряду с социальными условиями и производственной деятельностью человека эпохи капитализма, в большей мере способствовали геоморфологические и геологические факторы. Образование эрозионного рельефа, обусловленного послеледниковыми водами и эпейрогеническими поднятиями, позднейшее обезлесение территории (вырубка леса, палы) в целях расширения пашни были главнейшими причинами развития эрозионных процессов.

Северные склоны (в условиях одинаковой крутизны и высоты с южными склонами), занятые луговой и луговостепной растительностью, хорошо задернованы, имеют высокий густой травянистый покров. Буйный рост травянистой растительности, в состав которой входят главным образом злаки и бобовые, обусловливает развитие прочной структуры почвы и способствует образованию мощного перегнойного горизонта. При наличии крутых склонов северной экспозиции, полной задернованности и прочной зернистой структуры почв, поверхностный смыв в основном отсутствует, за исключением мест, подвергающихся усиленной пастьбе скота.

При наличии распашки северных склонов и плато и отсутствии введения в севооборот многолетних трав происходит поверхностный смыв с потерей гумуса и элементов пищи растений.

В наибольшей степени эрозионные процессы представлены на южных склонах. Отсутствие рациональной пастьбы скота привело к тому, что травянистый покров весьма изрежен. Как следствие выбитости и распыленности почвы и изреженности травянистого покрова, имеет место смыв почв.

Таким образом, в условиях горных областей роль древесной и многолетней травянистой растительности в борьбе с эрозионными процессами исключительно велика. Там, где имеют место сплошной травянистый покров или деревянистая растительность, смыв почв представлен в минимальной степени. Поэтому в системе мероприятий по урегулированию водного режима территории ведущая роль принадлежит древесной растительности и многолетним травам. В. П. Бушинский (1939) указывает, что «главное в социалистической агротехнике — выполнение комплекса целой системы агротехнических приемов».

Характер организации древесных насаждений без предварительных мелиораций на почвах территории различен. На северных, северо-восточных и северо-западных склонах от 930 до 1240 м над уровнем моря, в соответствии с указаниями ученого лесовода В. М. Борткевича, желательно ввести хвойные породы с почвозащитным подлеском. В целях предохранения почвы от поверхностного смыва необходимо террасирование в группах новых насаждений.

В условиях преобладания луговых растительных группировок полный травостой сильно затруднит рост древесной растительности. Уход в этом случае может быть частичный, во избежание размывов, обычных при сплошном рыхлении склонов. Поэтому желательно здесь лесоразведение ленточного типа в разрыхляемых полосах или на террасах, расположенных по горизонталям, с периодическим уходом до смыкания.

Южные склоны, как было указано выше, заняты карбонатными щебенчатыми смытыми черноземами с господствующими степными растительными группировками. В данных условиях рекомендуются ксерофитные породы из лиственных, главным образом, и в меньшей степени — из хвойных. Одновременно в целях предупреждения и прекращения эрозионных процессов необходимо частичное проведение мероприятий горнолесокультурного типа и регулирование пастьбы скота.

В целях регулирования водного режима территории и обращения поверхностного стока во внутренний, кроме воспроизводства древесных пород необходим посев смеси многолетних трав, способствующих структурообразованию. В состав травяной смеси травопольных полевых севооборотов для

южных склонов всех высот, для плато, северных, восточных и западных склонов от 600 до 900 м над уровнем моря представляется возможным рекомендовать желтую люцерну и житняк; для плато, северных, восточных, западных склонов от 900 м до 1200 м — смесь красного клевера и тимофеевки.

Введение травопольных полевых и луговых севооборотов является одним из необходимых мероприятий. На ряду с биологическими, агротехническими и горнолесокультурными способами, в системе мероприятий по регулированию водного и пищевого режима территории необходимо рекомендовать также гидротехнические способы мелиорации горных почв.

ЛИТЕРАТУРА

Бушинский В. П. Агротехника высоких урожаев. Большевик, № 17, 1939.

Виленский Д. Г. Почвенные районы Терского округа. Почвоведение, № 3, 1927.

Вильямс В. Р. Луговодство и кормовая площадь. М., 1933.

— Травопольная система земледелия на орошаемых землях. М., 1935.

— Почвоведение. М., Сельхозгиз, 1939.

Вязовский П. П. Климатические условия Северо-Кавказского края. Ростов н/Д., 1925.

Григорьев С. Г. Долины окрестности Кисловодска. Юбил. сборник 70-летия Анучина, М., 1913.

Гуссак В. Б. Факторы и внутренние последействия поверхностных смывов краснозема в условиях влажности субтропиков. Сборник «Эрозия почв». Акад. Наук, 1937.

Докучаев В. В. К учению о зонах в природе. Горизонтальные и вертикальные почвенные зоны Кавказа. 1899.

Захаров П. Г. Эрозионные процессы на юге Московской обл. и меры борьбы с ними (рукопись). 1936, библиотека ТСХА.

Захаров С. А. О почвенных областях и зонах Кавказа. М., 1913.

— Вертикальная зональность почв на Кавказе. Почвоведение, № 6, 1934.

Козьменко А. С. Работы Новосильской опытной овражной станции по изучению приемов борьбы с эрозией. Сб. «Эрозия почв», Акад. Наук, 1936.

Панков А. М. Эрозия почв и связанные с нею проблемы. Природа, вып. 6, 1934.

— Древесная и многолетняя травянистая растительность в борьбе с эрозией почв. Сб. «50 лет научной, педагогич. и обществ. деятельности акад. В. Р. Вильямса», 1935.

— Эрозия почв, как народнохозяйственная и научно-теоретическая проблема. Проблемы советского почвоведения, № 1, М., 1935.

— Нормальная денудация и эрозия почв. Сб. Акад. Наук. 1936.

Рейнгардт А. Д. Материалы к изучению ледникового периода на северном склоне среднего Кавказа. Зап. Харьковского унив., 2, 1912.

Ренгартен А. П. История долины Ассы на Сев. Кавказе. Изв. Гос. русского географ. общ., вып. 2, 1915.

Соболев С. С. К изучению овражной эрозии на территории Европейской части СССР. Почвоведение, № 2, 1938.

Энгельс Ф. Диалектика природы. М., 1933.

Bennet H. H. The problem of soil erosion in the United States. Proceed. and Papers of the First Internat. Congress of Soil science, 1927.

Bennet H. H. and Chapline W. R. Soil erosion a national menage. U. S. Dept. Agr. Cir., № 33, 1928.

— Facing the soil erosion problem. Science, v. 81, Apr., 1935.

Lowdermilk W. G. The role of vegetation in erosion control and water conservation control. Trans. Americ. Geophys. Union, 1935.

— Acceleration of erosion above geologie norms. Trans. Americ. Geophys. Union. 15th An. Meeting, 1934.

— Erosion in the Orient as related to soil conservation in America. Journ. Americ. Soc. Agr., v. 24, № 4, 1924.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

СБОРНИК ПАМЯТИ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

А. С. ШАМШИН и Т. В. НЕДОСЕКИНА

КАФЕДРА ПОЧВОВЕДЕНИЯ ТСХА

ПОВЕРХНОСТНЫЙ СТОК ТАЛЫХ ВОД И СМЫВ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛЕСОСТЕПИ И МЕРЫ БОРЬБЫ С НИМИ (ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ СООБЩЕНИЕ)

Борьба за высокий и устойчивый урожай немыслима без увеличения плодородия почвы. Одним из основных условий в деле повышения плодородия почвы является правильный севооборот.

Еще на XVIII съезде ВКП(б) в своем докладе товарищ Сталин указывал, что: «Одной из очередных задач сельского хозяйства является введение правильных севооборотов».

XVIII съезд большевистской партии в резолюции о третьем пятилетнем плане развития народного хозяйства записал: «...Внедрить в колхозах и совхозах правильные севообороты с применением травосеяния и черных паров, обеспечивающие значительное увеличение плодородия почв, рост урожайности и создание прочной кормовой базы растущего животноводства».

Выполнение этой задачи особенно неотложно в районах смыва и размыва (лесостепь).

В наследство от царской России мы получили только в Европейской части Союза около 2 млн. га действующих оврагов, 7—8 млн. га смытых малоплодородных почв. Немощное раздробленное крестьянское хозяйство не могло вести земледелие на основах науки и не было в состоянии бороться с эрозией почв.

Крупное социалистическое земледелие колхозов и совхозов, вооруженное передовой агротехнической теорией и новейшей машинной техникой, оказалось единственно возможной базой для увеличения плодородия почвы в интересах современных и грядущих поколений советского общества.

Плановое социалистическое сельскохозяйственное производство предотвращает возникновение новых очагов разрушения природных богатств страны. Однако было бы большой ошибкой утверждать, что старое доставшееся в наследство разрушение земли не имеет отрицательного влияния на успехи нашего земледелия.

Достаточно сказать, что основное средство производства рационального земледелия — почва в переходящей полосе от подзолистых почв к черноземам, в полосе лесостепных почв, находится в достаточно распыленном выпаханном состоянии.

Василий Робертович Вильямс (1939) говорил: «...Так как вся эта область (лесостепь) находится в стадии освобождения от леса, то в ней, в резкой степени, сказывается влияние изменения водного режима, это влияние выражено в форме усиленного размыва...»

Последнее означает, что мы еще не овладели в должной степени водным режимом. Вода атмосферных осадков, этот могучий фактор почвенного плодо-

родия, в значительной своей части не только не проникает в бесструктурную почву, но производит колоссальные опустошения в виде смыва и размыва почвы, выщелачивания питательных веществ, заиления водоемов, разрушения дорог и т. п. С целью характеристики процессов эрозии (поверхностный сток, смывы и размывы) и разработки мероприятий по борьбе с ними, нами организован, по инициативе В. Р. Вильямса, в 1939 г. в колхозе им. Коминтерна Чернского района Тульской области стационарный опытный участок, где испытывается эффективность травопольного севооборота с соответствующей ему агротехникой.

Фиг. 1. Нижняя часть опытной делянки.

Слева — цементированная площадка и цементированный бортик в конце делянки. Прямо — цементированный желоб, соединяющий площадку с котлованом-приемником, стены и пол которого выложены камнем. Против желоба в конце котлована — сбрасывающая канавка по дну.

Рельеф колхоза, на территории которого находится участок, волнистый, рассеченный множеством оврагов и балок, с уклонами на пахотных землях от 2—3° до 4—5° и на склонах гидрографической сети в среднем 10—13°.

Опытный участок выбран в типичных для данной местности условиях. Расположен между горизонталями 210—220 м абсолютной высоты на склоне западно-северо-западной экспозиции; угол падения склона 4°.

Почва — серая, лесостепная, на желто-буром лёссовидном суглинке, с пахотным горизонтом в 16—17 см, бесструктурная, быстро заплывающая и поэтому легко подвергающаяся смыву и размыву. По механическому составу — средний пылеватый суглинок. Площадь участка равна 2.44 га, учетная водосборная площадь — 2.24 га.

Опыт проведен по следующей схеме: участок был разбит на 6 делянок (с двукратной повторностью), на которых испытывались два севооборота во времени; первый — девятипольный с чередованием культур: пар, озимь с подсевом смеси многолетних трав (клевер с тимофеевкой), травы 1-го года, травы 2-го года, яровая пшеница, пропашные + бобовые, занятый пар (вико-овсяная смесь), озимь, овес — и второй севооборот — семипольный паропропашной с чередованием культур: пар, озимь, пропашные, яровые, занятый пар, озимь, яровые.

Форма делянок прямоугольная. Делянки расположены перпендикулярно к горизонталям, ширина их 20 м, длина двух делянок 200 м и четырех — 180 м. Каждая делянка ограничена с трех сторон (верхняя и боковые) изоляционными земляными валиками шириною в 60—70 см, высотой в 40—50 см. В нижней своей части делянка заканчивается цементированной площадкой (20 м длины, 0.5 м ширины) и цементированным бортиком высотой в 11—12 см (фиг. 1).

Делянки изолированы друг от друга пятиметровой полосой. С делянки водосбора вода попадает на цементированную площадку, а оттуда через цементированный жолоб в приемник; последний представляет собой котлован (ширина 2 м, длина 2.75 м, глубина 1.5 м), в котором установлены отстойники (железные бочки), а за ними—регистратор стока (счетчик Мильнэ). Из котлована вода попадает в сбрасывающие канавки по дну.

Схематический разрез делянки представлен на фиг. 2.

Фиг. 2. Продольный разрез делянки-водосбора.

A — учетная площадь делянки; *B* — изоляционный земляной валик; *C* — цементированный бортик; *F* — жолоб; D_1D_2 — приемники; *E* — счетчик Мильнэ; *h* — сбрасывающая канавка по дну; *K* — шалаш.

Наблюдения за стоком талых вод весной 1940 г. проводились на всех делянках, засеянных озимью, которая была посеяна по занятому пару осенью 1939 г.

Наблюдению предшествовала снегомерная съемка.

Данные снегоизмерения представлены в табл. 1.

Таблица 1

Данные снегоизмерения на опытных делянках весной 1940 г.

№ делянки	Дата снегоизмерения	Длина профиля в м	Средняя высота снега в см (*h*)	Средняя плотность снега (*d*)	Запас воды в снеге на делянках в т	Примечание
1	22/III—1940 г.	200	17.46	0.3380	236.06	Центральный ход через 10 м, поперечные — через 30 м
2	То же	200	15.18	0.3600	227.58	
3	»	180	18.9	0.3107	211.40	
4	23 III—1940 г.	180	24.4	0.3630	318.86	
5	То же	180	23.3	0.3470	291.06	
6	»	180	26.0	0.3590	336.02	

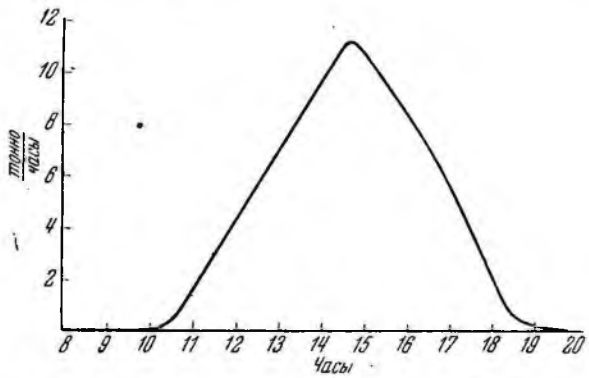
Снеготаяние и сток талых вод начался 28 марта и продолжался до 7 апреля.

Поверхностный сток талых вод в этом году происходил по замерзшей и слабо размерзшей (на 3—4 см) почве, что обусловило весьма незначительное впитывание, как это показывает коэффициент стока. Сток протекал неравномерно как в течение дня, так и в течение всего периода снеготаяния.

Данные дневного стока приведены на фиг. 3.

Из фиг. 3 видно, что максимум стока, достигавший скорости 3 л/сек., наступил в 14 час. 30 мин.; начало стока наступило в 8 час. 30 мин. — 9 час. 30 мин.; конец стока в 19—20 часов. В течение всего дня ушло 53 т воды.

График на фиг. 4 показывает неравномерную пульсацию в течение всего времени стока: резкие скачки от максимума, достигающего 53.9 т в день, до минимума — 4. 4 т.



Фиг. 3. График весеннего стока талых вод за 2 апреля 1940 г. Делянка № 6.

Если сравнивать кривую стока и кривую солнечной радиации, то между ними наблюдается известная корреляция, хотя кривая стока несколько смещена. Это объясняется тем, что известное количество теплоты идет на скрытую теплоту таяния снега, и начало стока не может совпасть с началом интенсивного солнечного освещения.

За весь период снеготаяния (8—11 дней) суммарный сток по делянкам выразился величинами, представленными в табл. 2.

Таблица 2

Суммарный сток с опытных делянок весной 1940 г.

№ делянки	Запас снеговой воды на делянке в т	Ушло с делянки воды		Коэффициент стока
		в т	в %	
1	236.06	213.86	90.13	0.9013
2	227.56	205.90	90.48	0.9048
3	211.40	210.24	99.45	0.9945
4	318.86	254.67	80.20	0.8020
5	291.06	270.72	93.01	0.9301
6	336.02	284.04	84.00	0.8400

Приведенные в табл. 2 данные находятся в полном соответствии с одним из положений В. Р. Вильямса, где он говорит, что снеговая вода на 80—100% сбегает по поверхности бесструктурной почвы, так как весной в почве все волосные промежутки ее поверхностного слоя заполнены водой. В данном случае сток проходил на почвах, содержащих более 50% распыленных частиц (50—78%). Вода, этот существенный фактор плодородия, на бесструктурной почве не только не просачивается в почву, а следовательно, не превращается в запас, необходимый для нормального роста и развития растений, но является разрушающей силой, производящей колоссальные опустошения в виде смывов и размывов почвы.

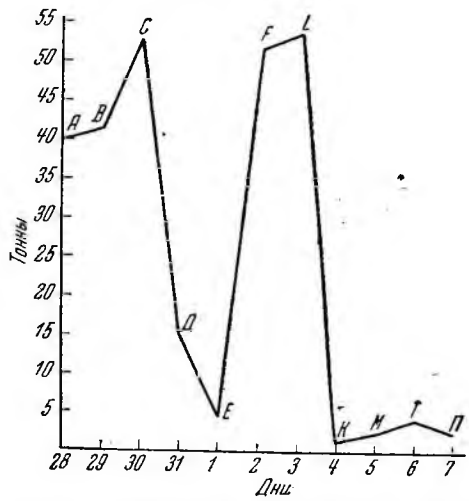
Таблица 3

Делянки	1	2	3	4	5	6
Унесено почвы в т	29.2	26.3	15.58	23.14	18.54	21.98

Ежегодно вода уносит в овраги и реки с каждого гектара десятки тонн плодороднейших почв, сильно уменьшает пахотный горизонт, обедняя элементами плодородия значительные территории сельскохозяйственного производства. В таблице 3 приведены количества почвы, унесенные талыми водами весной 1940 г. с делянок опытного участка.

В среднем с 1 га за период весеннего стока смывается 60.1 т почвы, что ведет к уменьшению пахотного горизонта на 4 мм.

Числовые показатели по суммарному запасу воды в снеге, стоку весенних талых вод и смыву ими почв на шести опытных делянках приводятся на фиг. 5.

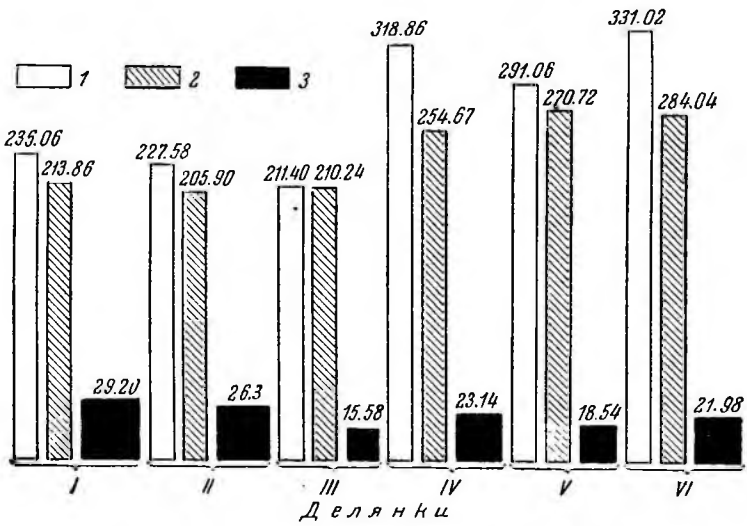


Фиг. 4. График весеннего стока талых вод за время 28 марта — 7 апреля 1940 г.

Делянка № 5; буквенные обозначения на кривой характеризуют суточный сток воды.

Мы наблюдали еще более катастрофические явления, когда одним только ливнем (15/VIII 1940 г.) в течение нескольких часов было смыто в паровом поле с гектара более 130 т почвы (колхоз «Свободный труд» Черомшанского сельсовета Чернского района Тульской области). В колхозе им. Коминтерна ливень 4/IX 1940 г. смыл весь пахотный слой с 3 га озимого посева, а на площади 53 га вода размыла глубокие, типа карстовых, промоины и борозды, достигающие 2—3 м ширины, глубиной в 13—15 см. Местами весь пахотный горизонт был смыт до горизонта В. Эти явления иллюстрируются фиг. 6.

В отдельных случаях там, где процессы эрозии создали овраги, в результате действия ливня (39 мм осадков) в течение одного часа овраг углубился на 1 м 30 см, как это видно из фотоснимка (фиг. 7).



Фиг. 5. Суммарный сток весенних талых вод и смыв ими почв (колхоз им. Коминтерна Чернского района Тульской обл.).

1 — запас воды в снегу; *2* — стекшая талая вода (в т); *3* — количество почвы, смытой водой (в т).

Борьба с эрозией — это борьба за влагу и за пищу для культурных растений.

Произведенные нами наблюдения за стоком талых вод на бесструктурных выпаханных серых лесостепных почвах показали большой размыв и смыв поверхностных почвенных частиц. Подобные процессы эрозии проявляются на таких почвах ежегодно. В результате эрозии пахотный горизонт почв ежегодно теряет значительное количество питательных и органических веществ, и почвы быстро становятся смытыми, малоплодородными.

Отсутствие регулирования весеннего стока талых вод на серых лесостепных почвах приводит к резко отрицательному изменению поверхности

Фиг. 6. Свежая размоина типа карст глубиной в 60 см. на озимом посеве.

суши, вызывает понижение урожаев сельскохозяйственных культур, неустойчивость их и понижает производительность труда.

В целях создания устойчивого эффективного плодородия серых лесных земель, находящихся в зоне усиленного развития эрозионных процессов, требуется осуществить комплекс агротехнических мероприятий в планово проводимой системе земледелия. Для этого нужна особая система организации и использования сельскохозяйственной территории. Этой задаче отвечает разработанная В. Р. Вильямсом травопольная система земледелия. Правильный травопольный севооборот с соответствующей ему агротехникой способен свести к минимуму процессы смыва и размыва.

По данным И. Г. Захарова (1940), в совхозе Винниково Курской области мутность талых вод варьировала, в зависимости от структурного состояния почв, следующим образом:

	в г/л
Со старопашки стекало . . .	7.6
С поднятого пласта многолетних трав стекало	0.67
С поля, занятого многолетними травами, стекало . .	0.11

Эти данные показывают, что со стороны старопашки талыми водами уносилось почвы в 11 раз больше, чем с поднятого пласта многолетних трав, и в 69 раз больше, чем с поля, занятого многолетними травами.

Если мы обратимся к многолетним данным США, где эрозия объявлена национальным бедствием и где в связи с этим проводится большая научно-

Фиг. 7. Размыв русла оврага.

исследовательская работа в этой области, то мы и там также находим подтверждение почвозащитной роли многолетних трав в севообороте (табл. 3 и 4).

Таблица 3

Многолетние данные американских исследователей по эрозии почв

(Данные с.-х. опытных станций Columbia, Missouri, Shelby. Почва — суглинок, среднее годовое количество осадков — 40.37 дм. Склон 3.68°. Делянки размером 6×90.75 фут.)

Поле	Смыто почвы на акр в т	Потери воды в % к осадкам
Пар, вспаханный на 4 дм	41.6	31.0
Бессменная пшеница	10.1	24.0
Кукуруза, пшеница и клевер	2.7	14.4

Таблица 4

Многолетние данные американских исследователей по эрозии почв

(Данные La Cvasse, Wisconsin, Clinton на иловатом суглинке, среднее годовое количество осадков 28.89 дм, склон 16°. Делянки размером 6×145.2 фут., 6×72.6 фут.)

Культура	Смыто почвы на акр в т	Потери воды в % к осадкам
Бессменная кукуруза	68.2	14.7
Ячмень	28.9	16.4
Клевер	0.6	8.7

Данные, полученные нами на опытном участке за период май — октябрь 1940 г., приведены в табл. 5.

Таблица 5

Результаты наблюдений за эрозионными процессами на почвах, занятых разными культурами в 1940 г.

Поле	Количество выпавших осадков в мм	Смыто почвы с делянки в кг	В пересчете на 1 га в кг
Пар	204.5	242.9	674.7
Картофель	204.5	24.9	62.25
Озимь+многолетние травы (клевер и тимофеевка)	204.5	Смыва нет	—

Полученные нами данные по смыву почв, в зависимости от посеянных культур и правильной обработки почв, совпадают с многолетними данными американских исследований. Они подтверждают, что в районах смыва и размыва роль многолетних трав исключительно велика.

Руководствуясь этими данными, подтверждающими основные положения В. Р. Вильямса о травопольной системе земледелия и ее роли в создании и поддержании плодородия почвы, обеспечивающей получение высоких и устойчивых урожаев, ослабляющей и сводящей до минимума сток и смыв плодородных частиц почвы, мы, совместно с местными агрономами, разработали и проводим в жизнь ряд противоэрозионных мероприятий.

Земельная территория всего колхоза организована на основе травопольной системы земледелия. Разработаны и перенесены в натуру три севооборота: 1— полевой, 2— лугопастбищный, 3— прифермский. Произведен подсев многолетних трав (клевер + тимофеевка) на площади 168 га. Сильно смытые земли выделены под залужение, облесяются овраги, предусмотрены лесозащитные полосы, введена практика обработки почвы по горизонталям.

Наши исследования на этом не заканчиваются, а будут продолжаться по более углубленной программе в последующие годы.

ВЫВОДЫ

1. Наблюдения за стоком талых вод и смывом почв весною 1940 г. в условиях центральной лесостепи показывают, что сток талых вод достигает 80—99.45%, а смыв почвы — до 60 т/га.

2. Эти данные находятся в полном соответствии с известными указаниями акад. В. Р. Вильямса о поверхностном стоке осадков и смыве на бесструктурных почвах.

3. Смыв почвы ливневыми водами был наибольшим на чистом пару, меньше — на поле пропашных с обработкой по горизонталям, и отсутствовал на поле многолетних трав (клевер + тимофеевка).

4. На основе учения акад. В. Р. Вильямса, с учетом современной противоэрозионной практики и приведенных в настоящей статье данных, нами разработаны противоэрозионные мероприятия для колхоза им. Коминтерна Тульской области, и значительная часть их перенесена в натуру (организация территории, травопольные севообороты с соответствующей обработкой по горизонтали, лесозащитные полосы, облесение оврагов и т. д.).

ЛИТЕРАТУРА

Вильямс В. Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения, 1939.
— Травопольная система земледелия на орошаемых землях, 1935.
— За травопольную систему земледелия, 1930.
Захаров П. Г. Агротехнические мероприятия по борьбе с эрозией почв в условиях центральной лесостепи. Почвоведение, № 4, 1940.
Небольсин С. И. Элементарный поверхностный сток, М., 1928.
Паников А. М. Древесная и многолетняя травянистая растительность в борьбе с эрозией почв. Сб. «50 лет научной, педагогич. и обществ. деятельности акад. В. Р. Вильямса». М.—Л., 1935.
Преображенский Т. Н. Из результатов наблюдений над поверхностным стоком талых вод в 1926/27 г. на Валуйской мелиоративной станции, 1929.
Соколов Н. С. Новые данные о причинах сельскохозяйственной эрозии и мерах борьбы с нею. Советская агрономия, № 4, 1940.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СБОРНИК ПАМЯТИ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

А. П. МЕРШИН
КАФЕДРА ПОЧВОВЕДЕНИЯ ТСХА

К ИЗУЧЕНИЮ ПОЧВ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО ОКРУГА ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Ханты-Мансийский округ (ранее он назывался Остяко-Вогульский) занимает наиболее низкую северо-западную часть Западно-Сибирской равнины. Громаднейшая территория округа (760 тыс. км²) расположена между 58—67° с. ш. и 60—84° в. д. от Гринвича. По территории округ превышает в 2.5 раза Италию, в 2 раза больше Англии и в 1.5 раза больше Германии. Природа этого громаднейшего края изучена чрезвычайно слабо, особенно в почвенно-агрономическом отношении.

В трудах известных исследователей Западно-сибирской низменности [Миддендорфа (1860), Высоцкого (1896), Винокурова и Горшенина (1931), Городкова (1913, 1916) и др.] слишком слабо освещены природные условия таежной зоны, куда относится исследованный нами округ. В более выгодном положении находятся даже районы тундровой зоны Обского севера.

Работы Городкова (1932) и Цыпленкина (1937) дают представление о растительности и почвах тундры. Работы Драницына (1914, 1915) и Ильина (1929, 1933) посвящены исследованию почвенно-геологических условий Нарымского края. В некоторой степени труды этих ученых освещают общие условия почвообразования таежной зоны Обского севера.

Почвы исследованного нами округа систематически никем не изучались и до сих пор в литературе не освещены. Округ посещали эпизодически экспедиции различных наркоматов и учреждений (НКЗ СССР, ГУСМП и др.). Все они в той или другой степени изучали почвы, но материалы этих экспедиций находятся по различным ведомствам и до сих пор не обобщены. Между тем изучение почвенного покрова Ханты-Мансийского округа представляет большой теоретический интерес, хотя бы только потому, что изучение этой территории восполнит имеющийся пробел в почвенной географии и имеет практическое значение в целях создания высокопроизводительных почв для успешно развивающегося земледелия.

В течение нескольких лет под руководством акад. В. Р. Вильямса, а после его смерти под руководством проф. В. П. Бушинского, по изучению почвенного покрова округа нам удалось собрать и получить экспериментально необходимый материал для его характеристики.

Наиболее детальному изучению мы подвергли подзолистые почвы, имеющие преобладающее распространение в округе.

Почвы округа формируются при сложном сочетании природных условий. Кратко охарактеризуем эти природные условия.

К л и м а т. Для характеристики климата нами использованы данные метстанций, имеющихся в округе. Климат округа довольно суровый: средняя годовая температура в северной части округа — 4.2°, в центральной — 2.2°, юго-западной — 1.1° и восточной — 3.8°. Холодный период

продолжается 6—7 месяцев, теплый 5—6 месяцев, причем средняя температура лета в округе колеблется от 13.0° до 16.3° при сумме тепла за вегетационный период в 1300—1800°. Число дней с температурой выше 0° для различных районов округа колеблется от 150 до 170 дней, выше 5° — от 115 до 153 дней и выше 10° — от 70 до 100 дней. Продолжительность вегетационного периода при самых неблагоприятных сочетаниях погоды превышает 100 дней, что имеет существенное значение для развития земледелия в округе. Среднее количество осадков за год составляет в Березове от 388 мм до 499 мм. Распределение дождей в летний период достаточно равномерно, что является благоприятным моментом для развития земледелия в округе. В виде снега выпадает около 20% годовой суммы осадков.

Мощность снежного покрова довольно значительна. Значительная мощность снежного покрова и его устойчивость служат гарантией нормальной перезимовки озимых. На пойменных местах, лишенных древесной растительности, и в районах с тундровым ландшафтом снежный покров сдувается, создается неравномерность покрова. В таких местах для успешной перезимовки озимых необходимо проводить снегозадержание. При раскорчевке новых площадей необходимо оставлять лесные полосы, которые зимой будут служить средством накопления снега, а летом — защитой от охлаждающего и иссушающего действия ветра. В районах Крайнего Севера увеличение мощности снежного покрова служит не только средством защиты озимых посевов от вымерзания, но и одним из способов улучшения теплового режима почв вообще. Этот момент нами проверен в природных условиях севера.

Из других элементов погоды следует отметить характер и распределение ветров, которые имеют существенное значение для сельского хозяйства.

Преобладающее направление ветра в округе — юго-западное и южное. Зимой преобладают ветры южных румбов. Летом преобладание северных и северо-западных ветров невелико и направление ветра довольно равномерно.

Отрицательным моментом климата в сельскохозяйственном отношении следует признать наличие поздних весенних и ранних осенних заморозков. Это обстоятельство требует, чтобы были разработаны агротехнические меры борьбы с ними, а путем селекции и отбора созданы культуры с коротким вегетационным периодом и переносящие кратковременные заморозки.

Растительность на ряду с другими факторами наложила отпечаток на процессы формирования почв округа. Наличие древесной растительности (преобладают хвойные леса) почти на всей территории округа обусловило господство подзолообразовательного процесса. Растительность округа [по Городкову (1916) и Ревердатто (1931)] относится к лесной; она не представляет большого разнообразия: сосновые и еловые леса преобладают на всей территории округа, причем чистые сосновые насаждения встречаются реже и, как правило, на песчаных или легких супесчаных почвах. В северной части округа к сосново-еловым насаждениям примешивается кедр и лиственница, на юге последняя встречается редко. Леса южнее Самарово состоят из ели, пихты, кедра; последний местами преобладает. Березово-осиновые леса встречаются островками по гарям.

В поймах рек преобладают лиственные леса, состоящие из березы и осины с примесью ивы и ольхи. Леса занимают наиболее дренированные участки поймы. Видовой состав травянистой растительности в поймах рек Оби и Иртыша не отличается большим разнообразием; наибольшее распространение здесь имеют всего лишь 60—70 видов, преобладают злаково-осоковые группировки. Осокой заняты пониженные места. Преобладают два вида их: осока водяная (*Carex aguitalis* Wahlenb.), приуроченная к пониженным и плохо дренированным местам, и осока острая (*Carex gracilis* Curtis.) — в местах с наилучшим дренажем. Злаки, наоборот, приурочены к повышенным местам с меньшим периодом заливания; ими занята прирусловая часть поймы

Оби и Иртыша и их притоков. Злаковые луга состоят главным образом из канареечниковых и вейниковых группировок. Те и другие большей частью образуют почти чистые заросли с незначительной примесью других растений; заросли вейника отличаются наибольшей мощностью, и обычно они создают прочную и грубую структуру почвы.

Болота занимают обширные площади, особенно в северной части округа, где они преобладают над незаболоченной частью территории.

Рельеф. Поверхность округа представляет равнину, приподнятую над уровнем моря на 50—150 м, имеющую незначительный уклон к Северному Ледовитому океану и заметно возвышающуюся к западу, в направлении Уральских гор.

Две крупнейшие реки — Обь и Иртыш — и их многочисленные притоки разъединили равнинную поверхность на ряд участков; последние сохраняют общие черты прежнего единства как по характеру слагающих пород, так и по абсолютной высоте местности. Возвышенности округа сложены мягкими породами и появились в результате развития речной сети. Реки Ханты-Мансийского округа, текущие среди этих мягких пород, имеют хорошо разработанные долины. Русла рек чрезвычайно извилисты, но сохраняют общее направление.

От ледникового периода осталось большое количество озер, многие из которых исчезли; но в северной части округа они сохранились и к настоящему времени. Неровности, образованные ледником: гривы, борозды, холмы и пр., в результате последующего выветривания пород, развития почвенных и эрозионных процессов значительно сгладились, и поверхность округа к настоящему моменту получила мягкие очертания, принимая широковолнистые или глубоковолнистые формы. Но, благодаря выраженности микропонижений и повышений различной формы и размеров, рельеф принимает сложные очертания. Обычно он слагается из грив и межгривных понижений или холмов и западин различной формы и глубины, разбросанных по равнине.

Материнские породы. Весь округ, за исключением восточного подножья полярного Урала, сложен мягкими четвертичными породами: лёссовидного характера легкими суглинками и песками, то чередующимися, то сохраняющими однородное сложение во всем разрезе.

В породах иногда встречаются валуны и галька, причем на севере округа валунов несравненно больше, чем на юге, хотя и на юге мне приходилось наблюдать большие скопления валунов в обнажениях правого берега Иртыша у Самарово. Здесь валуны встречаются в виде прослоек на глубине 1—2.5 м от поверхности почвы; единичные экземпляры раскиданы по всему склону горы. Величина их довольно разнообразна: наиболее крупные достигают десятки сантиметров в диаметре.

Обследуя в 1932 г. бассейны рек южной части Сургутского района: Салым,[1] Юган, Балык и Кул-еган, мы находили там валуны, состоящие из коренных горных пород (базальт, диабаз, гранит и др.). Наибольшее количество валунов сосредоточено в долинах рек, реже они встречаются в обнажениях коренных берегов, размываемых рекой, но все же нам приходилось находить валуны при описаниях этих обнажений на 1—1.5 м от поверхности почвы. Наличие окатанных валунов в породе говорит о ледниковом ее происхождении. Мы, в подтверждение ранее высказанных Макеровым (1891) взглядов, полагаем, что и в южной части, как и на всей территории округа, основными почвообразующими породами служат четвертичные отложения.

В северной части округа они имеют преимущественно песчаный и супесчаный состав, реже глинистый и суглинистый. На юге преобладают

[1] Наличие валунов в долине р. Салыма отмечалось Городковым (1913).

светложелтые лёссовидные суглинки, имеющие наибольшее распространение в округе.

ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ

В работах Городкова и Неуструева (1923) почвы округа относятся к подзолистой зоне; последнюю они разбивают на две подзоны — северную (севернее Самарово) со слабо подзолистыми почвами и южную с типично подзолистыми почвами. Такое подразделение почв в общем соответствует действительности. Наблюдение показывает, что на всей незаболоченной части территории округа формируются почвы с ярко выраженным подзолообразовательным процессом, у которых сильно разрушен почвенно-поглощающий комплекс и резко выражена ненасыщенность основаниями. Слабо подзолистые почвы имеют в округе ограниченное распространение. Они приурочены главным образом к участкам хорошо дренированных речных пойм, покрытых древесной растительностью. Различные степени оподзоливания подзолистых почв на водоразделах (междуречных увалов) зависят главным образом от состава материнских пород и растительности. На супесчаных и песчаных породах при участии сосновых насаждений образуются почвы с отчетливо выраженным подзолистым горизонтом и очень плотным рудяковым. Наоборот, на лёссовидных суглинках ясно выраженного подзолистого горизонта не наблюдается, хотя интенсивность оподзоливания здесь бывает довольно резкая. Исходя из этого, мы подразделяем подзолистые почвы водоразделов и пойменных грив на различные разности. Кстати заметим, что почвы округа не представляют большого разнообразия. Почвы подзолистого и болотного типа по существу слагают весь почвенный комплекс. На севере преобладают почвы болотного типа над подзолистыми, на юге заболачивание выражено несколько слабее, что объясняется различным относительным возрастом их (более сильной дренированностью местности и характером материнских пород). На юге округа преобладают лёссовидные суглинки, которые лучше обеспечены запасами пищи для развития высших растений, вследствие чего на этих породах луговая стадия дернового периода задерживается дольше и болотная наступает позднее, чем на песчаных и супесчаных породах в северной части округа.

Болотный процесс имеет широкое распространение на территории округа. Площадь почв болотного типа неуклонно возрастает за счет площади подзолистых почв. При этом увеличивается площадь торфяно-подзолистых и подзолисто-глеевых почв. Среди почв болотного типа выделяется несколько разновидностей. Торфяно-болотные почвы занимают водоразделы и междуречные увалы, и только на дренированных участках их сохраняются подзолистые почвы.

Из почв подзолистого типа больше всего распространены средне и сильно подзолистые почвы, развившиеся на суглинках лёссовидного характера под растительностью хвойных лесов. Они характеризуются следующими общими морфологическими признаками:

A_0 — лесная подстилка, мощность которой колеблется от 5 до 10 см;

A_1 — перегнойный горизонт мощностью от 3 до 7 см; иногда он даже совсем отсутствует;

A_2 — подзолистый горизонт, выражен не резко; мощность от 7 до 10 см, в редких случаях достигает 20 см; во влажном состоянии рыжевато-белесый, неясно выражено слоеватое сложение, затеками и пятнами вдается в следующий горизонт.

Горизонт В можно подразделить на три подгоризонта:

B_1 — буро-желтый, пороховидно-крупнчатой структуры, мощность 20—25 см, слабо уплотненный, переход в следующий подгоризонт постепенный;

B_2 — буро-серый с коричневым оттенком, зернисто-ореховатой структуры. На структурных отдельностях кремнеземистая присыпка; плотный, мощность 35—40 см, пятнами полуторные окислы, оглеен;

B_3 — светлобурый с белесой присыпкой кремневой кислоты, ореховато-призматической структуры, плотный, мощность 40—50 см;

С — светложелтый суглинок лёссовидного характера.

Ниже приводится краткое морфологическое описание двух разрезов подзолистых почв:

Разрез 7. Сильно подзолистая средне суглинистая почва. Разрез расположен на правом берегу реки Иртыша вблизи Самарово, на плоской гриве в елово-кедровом лесу с покровом из зеленых мхов, черники, брусники, голубики. Отдельными экземплярами раскиданы злаки.

A_0 0—7 см — лесная подстилка из отмерших частей хвои, ветвей деревьев и мхов.

A_1 7—11 см — перегнойный горизонт рыжевато-бурой окраски, переплетен корнями мха, крупнопылеватый суглинок, пылевато-пороховидной структуры, рыхлый, заметно отделяется от следующего горизонта.

A_2 11 — 22 см — подзолистый горизонт светлопепельной окраски с желтыми пятнами железа, тонкослоистый, крупнопылеватый суглинок.

B_1 22—40 см — буро-желтый, рыхлый, пороховидно-пылеватой структуры, тот же механический состав, по окраске темнее предыдущего.

B_2 40 — 75 см — буровато-серый с коричневым оттенком, зернисто-комковатой структуры, уплотнен, заметны ходы червей, крупнопылеватый суглинок.

B_3 75—110 см — очень плотный, крупноореховатый суглинок.

B_1 110—150 см — желтоватый лёссовидный суглинок, в сухом состоянии приобретает желто-палевую окраску, пористый, в форме мазков и затеков (полуторные окислы и кремнекислота).

С 150—300 см — крупнопористый лёссовидный суглинок, в верхней части встречаются пятна полуторных окислов, от соляной кислоты не вскипает.

Разрез 101. Расположен на левом коренном берегу р. Сосьвы в окрестностях Березовской опытной станции. Рельеф слабоволнистый равнинный. Угодье — старая гарь, поросшая мелким кедром. Основную массу напочвенного покрова составляет зеленый мох, много брусники, голубики, черники, морошки; редко — хвощ, осока.

A_0 0—5 см — моховой покров из *Polytrichum commune*.

A_1 5—7 см — оторфеневшая прослойка буро-серого цвета, местами исчезает.

A_2 7—12 (15) см — подзолистый горизонт, светлопепельной окраски, неясно выражена слоистая структура, крупнопылеватый суглинок, затеками и пятнами вдается в следующий горизонт до глубины 25 см.

A_2B_1 12 (15)—25 см — верхняя часть горизонта окрашена в интенсивно желтый цвет, книзу желтизна исчезает и окраска становится бурой; слоистого сложения, крупнопылеватый суглинок.

B_2 25—75 см — темнее по окраске, буро-серый с коричневым оттенком, с большими налетами кремневой кислоты, мелкокомковатой структуры. Механический состав тот же; с глубины 70 см оглеен.

B_3 75—150 см — грязнобурой окраски, пятнами полуторные окислы, мелкокомковатой структуры в верхней части, ореховатой — в нижней, оглеен.

С 150—200 см — грязножелтый крупнопылеватый суглинок, подстилающийся на 200 см желтым песком.

Из изложенного следует, что описываемые почвы имеют небольшую мощность дернового горизонта, а местами он совсем не выражен. Эта особенность почв северных районов Союза присуща и почвам Ханты-Мансийского округа. Подзолистые горизонты выражены не резко, но хорошая проницаемость пород способствовала глубокому проникновению подзолообразовательного процесса в толщу материнской породы.

Механический состав сильно подзолистых почв представлен в табл. 1.

Из данных табл. 1 видно, что подзолообразовательный процесс здесь выражен довольно резко и затронул глубокие слои материнской породы. Среднее содержание ила до глубины 50 см колеблется около 14%; в горизонте материнской породы, лишь немного затронутой подзолообразовательным процессом, оно равно 23%. Следовательно, около 14% ила вынесено из верхних горизонтов. Тонкой пыли содержится в верхних горизонтах (А) столько же, сколько и в материнской породе; в подзолистом и в горизонте В снижается почти на 50% по сравнению с материнской породой. Незначительно увели-

чивается количество средней и крупной пыли в верхних горизонтах по сравнению с породой.

Таблица 1

Механический состав сильно подзолистых почв Ханты-Мансийского округа (разрез 7 — Самарово) в %

Размер частиц в мм	Горизонты и глубина в см						
	A_1 7—11	A_2 11—22	B_1 22—30	B_2 40—50	B_2 67—75	B_3 120—130	C 150—160
Песчаная пыль 0.25—0.05 . . .	15.2	16.05	18.25	18.39	21.55	23.65	21.50
Крупная пыль 0.05—0.01 . . .	39.66	39.56	42.64	48.04	36.70	27.92	31.64
Средняя пыль 0.01—0.005 . .	25.02	28.12	22.58	15.32	24.10	20.84	18.48
Тонкая пыль 0.005—0.001 . .	4.68	2.88	1.98	5.70	3.28	4.16	4.60
Ил $<$ 0.001 . . .	15.44	13.39	14.55	12.55	14.37	23.43	23.78

Распашка и окультуривание сильно подзолистых почв севера видоизменяет как морфологические признаки, так и физикохимические свойства их. Происходит прежде всего увеличение мощности перегнойного горизонта за счет вовлечения в пахотный горизонт лесной подстилки и верхней части подзолистого горизонта. Подзолистый горизонт, незначительно изменяясь в размерах, принимает более резкие очертания. Если в лесных почвах часто приходится выделять переходный горизонт A_2B, то на культурных вариантах обычно к этому не приходится прибегать. Здесь переходы становятся резкими, почвы приобретают и внешний вид обычных подзолов. Место переходного горизонта A_2B в этом случае занимает A_2. Описание разреза 106 подтверждает вышесказанное.

Разрез 106. Сильно подзолистая, супесчаная почва. Разрез расположен на полях Самаровского опорного пункта Наркомзема РСФСР, участок распахивается с 1927 г.

$A_{пах.}$ 0—12 (18) см — буровато-серой окраски с белесыми пятнами (следы подзолистого горизонта), средне суглинистый, слегка уплотнен, заметно отделяется от следующего горизонта.

A_2 12 (18)—32 см — подзолистый, белесый с желтым оттенком, слоистого сложения, средний суглинок.

B_1 32—60 см — буровато-серый с белесой присыпкой кремневой кислоты, крупновато-ореховатой структуры, средний суглинок.

B_2 60—120 см — окраска чуть светлее предыдущего, ореховато-призматической структуры, крупнопористый средний суглинок, встречаются полуторные окислы в форме затеков и мазков.

B_3C 120—160 см — пористый светложелтый лёссовидный суглинок. Механический состав этого разреза ничем существенным не отличается от разреза 7.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

Объектом исследования физических свойств почв мы избрали главным образом средне суглинистые, сильно подзолистые почвы, имеющие наибольшее распространение в Ханты-Мансийском округе. К тому же, на ряду с почвами пойм Оби и Иртыша, эти почвы усиленно осваиваются под полевые и овощные культуры. В связи с этим мы попытались выяснить изменения физических свойств почв на участках, в различной степени окультуренных — лес, вырубка, пашня.

Все три пункта находились в радиусе не больше 500 м. По условиям

рельефа участки не отличались резко друг от друга. Первоначальные условия почвообразования были однотипными. Лесной участок в период наших работ представлял собой многовековую тайгу, состоящую из хвойных пород — ели, пихты и кедра; последний преобладал. Место для наблюдений в лесу нами было установлено постоянное. Оно находилось в 200—300 м от вырубки. Вырубка явилась результатом сведения такого же леса в 1934—1935 гг. Полевых участков было два: один из них находится под распашкой с 1928 г., другой — с 1935 г. Из физических свойств почв мы изучали тепловой режим, влажность, объемный и удельный вес. Данные температуры почвы на этих участках за летний период приведены в табл. 2.

Таблица 2

Температура почвы на различных глубинах летом 1937 г.

Глубина в см	В лесу (разрез 7а)					На вырубке (разрез 53)				На пашне (разрез 1)			
	VI	VII	VIII	IX	средняя	VII	VIII	IX	средняя	VII	VIII	IX	средняя
0	13.0	13.9	13.5	7.2	11.8	29.3	28.3	11.3	23.0	24.3	26.9	13.0	21.4
10	4.4	9.2	10.0	6.5	8.0	15.8	13.7	7.9	12.5	17.1	16.0	9.1	14.1
20	3.6	8.3	9.6	6.5	7.5	15.2	13.3	8.0	12.2	14.8	13.9	8.0	12.2
30	2.8	7.2	9.1	6.5	6.9	14.9	13.3	8.1	12.1	15.0	13.8	8.3	12.4
50	0.7	5.0	7.9	6.3	5.6	12.9	12.4	8.7	11.4	13.8	13.4	8.7	11.9
100	0.2	2.5	6.1	5.6	4.1	10.2	11.1	9.1	10.1	11.3	11.8	9.0	10.7
150	0.0	1.4	4.5	4.9	3.1	7.3	9.2	8.4	8.3	7.9	9.9	9.0	8.9
200	0.2	0.7	3.2	4.4	2.3	5.7	8.2	8.2	7.3	7.3	7.1	8.4	7.6
250	0.4	0.7	2.8	—	1.3	4.6	7.8	7.9	6.7	—	—	—	—

За весь летний сезон температура почвы в двухметровом слое была самой высокой на участке пашни, низкой — в лесу. Температура почвы на вырубке занимала среднее положение. Поверхность почвы вырубки нагревалась сильнее, чем пашня или поверхность почвы в лесу. Это объясняется тем, что поверхность вырубки в результате бывшего здесь пожара приобрела черную окраску. Остатки пожара — зола и уголь — способствовали нагреванию почвы в солнечные дни. Здесь в отдельные дни температура поверхности почвы доходила до 50°. Более низкие температуры почвы вырубки по сравнению с пашней объясняются повышенной влажностью почвы вырубки. Средний максимум для температуры почвы на глубине 10 см на участке пашни (17.1°) и на вырубке (15.8°) приходится на июль, в лесу (10.0°) — на август. Средний максимум температуры воздуха приходился на июнь (17.3°). Еще с бóльшим опозданием происходит изменение температуры почвы на глубине 100 см. Средний максимум на пашне 11.3°, на вырубке до 11.1°, в лесу 6.1°; в лесу и на вырубке он падает на август, на пашне — на июль. Максимальные температуры на глубине 200 см во всех случаях падают на сентябрь. Процесс передачи тепла в нижние горизонты почвы продолжается до конца сентября. На глубине 200—250 см почва теплее в сентябре, чем в августе. С октября температура почвы начинает снижаться и в нижних горизонтах, в то время как в верхних горизонтах (до 50 см) она начинает падать с августа.

Из наших наблюдений также ясно видно, что обработка почвы улучшает ее тепловые условия. При хорошей обработке и правильном удобрении можно превратить «холодные» лесные почвы в хорошо прогреваемые, высокоплодородные. Температура почвы на пашне на глубине 20 см держится на довольно высоком уровне (12.2°).

Проведенные нами круглосуточные наблюдения за температурой почвы показывают, что влияние суточных колебаний температуры воздуха уже

затухает на глубине 30 см, причем нагревание или охлаждение почвы происходит с опозданием на 3—4 часа.

Влажность почвы. Наблюдения за влажностью почвы показывают, что превращение лесных почв в пахотные ведет к резкому изменению водного режима всей почвенной толщи. Культурные растения сильнее иссушают почву и расходуют влагу в слое почвы 100 см. Лесная почва показывает падение влажности на глубине 200 см. Самая низкая влажность отмечается на пашне, высокая — на вырубке и среднее положение занимает почва под лесом. Абсолютные величины влажности за 10 определений, произведенные в течение целого года, включая и зимние наблюдения, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Влажность подзолистой почвы Ханты-Мансийского округа в % от веса абсолютно сухой почвы

(1937—1938 гг.)

Глубина взятия пробы в см	В лесу (разрез 7а)	На вырубке (разрез 53)	На пашне (разрез 1)
10	26.9	35.2	27.1
20	27.8	30.1	22.2
30	21.9	26.0	21.3
40	21.3	24.5	18.2
50	22.4	25.3	18.0
60	22.5	24.6	17.4
70	21.9	23.4	17.0
80	21.2	23.6	17.9
90	21.9	23.4	18.2
100	22.5	23.2	20.7
110	24.4	24.3	21.8
120	24.6	25.5	22.4
130	23.8	25.4	22.1
140	24.9	26.5	22.9
150	24.7	27.9	23.8
160	23.4	27.0	23.8
170	24.2	27.2	24.9
180	23.4	27.5	22.1
190	22.2	27.9	22.9
200	21.7	26.1	23.1
210	21.5	24.3	21.7
220	18.9	24.5	21.6

Из данных табл. 4 видно, что наибольшую влажность имеет почва старой вырубки с колебаниями от 23.2 до 35.2%. Несколько ниже влажность почвы под лесом: здесь она колеблется в пределах от 18.9 до 27.8%; влажность на полевом участке колеблется от 17 до 24.9% и лишь в отдельных случаях достигает 27.1%. Средняя влажность почвы за год из 10 определений по генетическим горизонтам показана в табл. 4.

Из данных табл. 4 видно, что самая высокая влажность во всех случаях относится к верхним горизонтам (A_1 и A_2). Повышение влажности в этих горизонтах произошло за счет осенних дождей и замерзания почвы. Как правило, с замерзанием почвы увеличивается влажность в мерзлых горизонтах. Зимой верхние, замерзшие слои почвы всегда имеют более высокую влажность, чем нижние, не замерзшие. Увеличение влаги в верхних, мерзлых горизонтах происходит частично и зимой за счет передвижения из нижних горизонтов, путем перегонки парообразной воды и конденсации ее.

Влажность суглинистых почв слоистой поймы в низовье р. Иртыша в полтора-два раза выше подзолистых лесных. В течение осени, зимы

Таблица 4

Средняя влажность подзолистой почвы Ханты-Мансийского округа в % от абсолютно сухой почвы по генетическим горизонтам

(1937—1938 гг.)

Место разреза	Генетические горизонты	Глубина в см	Влажность в %
В лесу (разрез 7)	A_1 гумусовый	5—10	31.5
	A_2 подзолистый	10—30	24.3
	B_1	30—80	21.3
	B_2B_3	80—175	24.0
	C	175—220	21.5
На вырубке (разрез 53)	A_2	5—15	34.0
	B_1	15—90	25.0
	$B_2B_3B_4$	90—160	26.0
	C	160—220	25.0
На пашне (разрез 1)	A_0 пахотный	0—17	27.1
	A_2	17—28	22.2
	B_1	28—73	18.3
	$B_2B_3B_4$	73—180	21.9
	C	180—220	21.7

Примечание. В табл. 4 вошли величины влажности почвы на глубине 5 см, не включенные в табл. 3.

и весны они избыточно увлажнены. В летний период влажность заметно уменьшается, но не падает в пахотном горизонте ниже 20%. Средние величины влажности этой почвы за год приводятся в табл. 5.

Высокая влажность пойменных почв обусловлена подпором грунтовых вод. Заметно выделяется прослойка с высокой влажностью на глубине 80—120 см в первом случае и 80—130 см — во втором. Это объясняется тем, что мы встречаем здесь погребенную зернистую пойму, которая лучше задерживает и сохраняет влагу. Наличием этой прослойки можно объяснить и тот факт, что влажность пойменных почв не падает так резко в летний период.

Удельный и объемный вес, скважность и аэрация. Изучение объемного веса подзолистых и дерново-лугово-глеевых

Таблица 5

Влажность дерново-лугово-глеевой почвы в низовье р. Иртыша в % от веса абсолютно сухой почвы

(1937—1938 гг.)

Название почвенных разностей	Абсолютная влажность почвы (в %) на глубине (в см)								
	0—20	20—40	40—60	60—80	80—100	100—120	120—130	130—140	150—160
Дерново-лугово-глеевая суглинистая почва слоистой поймы р. Иртыша (разрез 17) . .	43.3	36.3	37.1	37.5	40.9	39.0	32.7	32.7	32.3
Дерново-лугово-глеевая тяжело суглинистая почва слоистой поймы р. Иртыша (разрез 16)	54.9	37.9	33.7	32.5	34.4	35.2	37.5	—	—

почв проводилось в патронах Лебедева в образцах с ненарушенной структурой в поле; образцы брались последовательно на всю мощность отдельных горизонтов через 2—3 см для горизонтов A_1 и A_2 и через 5—10 см для горизонтов В и С. В табл. 6 приводятся средние данные объемного веса из 5 определений для каждого подгоризонта. Колебания объемного веса в пределах каждого горизонта были незначительны. Скважность и аэрация определялись путем вычисления из данных объемного и удельного веса почвы.

Таблица 6

Объемный и удельный вес, скважность и аэрация подзолистых и дерново-луговоглеевых почв Ханты-Мансийского округа

(разрезы 7а, 53, 8 и 17)

Генетические горизонты	Глубина в см	Удельный вес	Объемный вес	Общая скважность	Влажность		Аэрация
					в %	в мм	
Сильно подзолистая почва. Смешанный хвойный лес (разрез 7а, Самарово)							
A_1A_2	5—14	2.73	1.16	57.08	18.36	21.30	35.8
A_2	14—30	2.67	1.25	52.64	19.98	25.00	27.65
B_1	30—50	2.68	1.31	49.91	19.49	25.43	24.48
B_2	50—80	2.66	1.32	49.82	23.05	30.40	19.42
B_2	80—110	2.68	1.45	44.75	23.09	33.45	11.33
B_3	110—150	2.65	1.48	42.53	24.54	33.88	8.65
B_3	150—175	2.70	1.35	49.76	20.60	27.85	21.91
C	250—260	2.70	1.37	47.85	18.24	25.00	22.90
Средне подзолистая почва. Вырубка (разрез 53, Самарово)							
A_1	5—15	2.61	1.22	51.67	34.11	41.75	9.92
A_2	15—35	2.72	1.30	51.36	26.27	34.66	16.70
B_1	35—60	2.73	1.32	51.98	23.86	31.44	20.45
B_1	65—90	2.72	1.45	46.04	22.01	31.93	14.11
B_2	95—125	2.81	1.44	48.19	25.59	36.79	11.40
B_2	125—170	2.85	1.43	49.94	28.71	40.99	8.95
B_3C	170—210	2.61	1.36	47.04	30.34	41.28	5.86
C	210—300	2.72	1.41	47.71	30.60	43.21	4.50
Сильно подзолистая почва, участок в распашке с 1935 г. Раскорчевка (разрез, 8 Самарово)							
$A_{пах.}$	0—17	2.56	1.02	60.2	20.7	21.1	39.1
A_2	17—43	2.66	1.30	50.7	17.9	23.4	27.3
B_1	43—63	2.64	1.32	50.2	17.3	22.9	27.3
B_1	63—93	2.67	1.39	48.0	17.6	24.4	23.6
B_2	93—102	2.70	1.50	44.5	18.1	27.1	17.4
B_2	102—135	2.68	1.55	42.1	20.2	31.4	10.7
B_3	135—175	2.75	1.45	47.1	23.6	34.3	12.8
C	175—220	2.67	1.45	45.6	22.7	33.3	12.3
Распаханная слоистая пойма (разрез 17)							
$A_{пах.}$	0—10	2.44	1.14	52.9	43.1	49.1	3.8
$A_{пах.}$	10—20	2.51	1.22	53.7	38.0	46.3	7.4
	40—50	2.58	1.13	53.2	36.3	48.3	4.9

Удельный вес слабо изменяется по разрезу, в большинстве горизонтов подзолистых почв колеблется в пределах от 2.6 до 2.7 и только под вырубкой в горизонте B_2 достигает 2.8. Удельный вес почвы слоистой поймы несколько ниже в верхних гумусовых горизонтах, чем в нижних.

Величины объемного веса почвы заметно изменяются по разрезу; для подзолистых разностей объемный вес колеблется в пределах 1.02—1.55. С увеличением глубины наблюдается возрастание объемного веса. Наиболее высокий объемный вес (1.32—1.55) обнаруживается в горизонтах вмывания B_2 и B_3. Наименьшими величинами объемного веса (1.02—1.22) характеризуются перегнойные горизонты почвы. Объемный вес почвы распаханной слоистой поймы колеблется в пределах 1.14—1.22. Здесь замечается увеличение объемного веса в нижней части гумусового горизонта.

Общая скважность почвы, находясь в обратной зависимости от объемного веса, уменьшается с возрастанием последнего. Скважность в верхних горизонтах почвы до 30 см на всех участках значительна; она здесь не падает ниже 50% от объема почвы. Заметно понижается скважность иллювиальных горизонтов, но и здесь она не падает ниже 42%. Наибольшие величины скважности наблюдаются в пахотных горизонтах; в подзолистой почве в горизонте 0—17 она составляет 60.2%, на пойме в горизонте 0—20 см — 53.3%.

Аэрация почвы находится в обратной зависимости от ее влажности; чем выше влажность, тем меньше аэрация. Вместе с влажностью она в течение года сильно изменяется. Аэрация подзолистых почв в лесу и на пашне в летний период довольно высокая и составляет 35—39% для верхних гумусовых горизонтов, 24—27% для горизонта B_1 и 10—19% для горизонта B_2. В горизонте B_3 аэрация падает до 8%.

Почва поймы летом 1937 г. имела малую аэрацию, равную 4—7%. Низкие величины аэрации отмечаются также и на вырубке — 10—21%, а в горизонте B_3 (170—210 см) она падает до 5.8%.

Из этих данных видно, что в отношении аэрации подзолистые почвы наиболее благоприятны. Суглинистые почвы слоистой поймы Иртыша имеют ничтожные величины аэрации и как следствие этого сильную оглеенность. Слабая аэрация пойменных почв, обусловленная избыточной влажностью, может быть изменена в лучшую сторону при надлежащей агротехнической обработке их.

На основании данных, приведенных выше, можно заключить, что подзолистые почвы материка (коренных берегов) обладают наиболее благоприятными физическими свойствами для роста и развития растений.

ХИМИЧЕСКИЕ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Химические и агрохимические показатели подзолистых почв Ханты-Мансийского округа в более резкой форме, нежели морфологические признаки, выражают оподзоленность.

Среднее содержание гумуса в верхних горизонтах (0—15 см) в сильно и средне подзолистых суглинистых почвах округа колеблется от 1.5 до 5%; в песчаных почвах количество гумуса измеряется десятыми долями процента и в редких случаях достигает 1.5%. С глубиной замечается резкое падение гумуса, что показывает табл. 7.

Из данных табл. 7 видно, что распределение гумуса в почвах округа является типичным для подзолистых почв. На территории Ханты-Мансийского округа мы не встречали почвы с наличием второго гумусового горизонта, наподобие почв Нарымского края, описанных Драницыным (1915) как вторично подзолистых.

Агрохимические свойства подзолистых почв Ханты-Мансийского округа отличаются от подобных почв средней полосы тем, что они имеют повышен-

Таблица 7

Содержание гумуса в сильно подзолистых почвах Ханты-Мансийского округа

(разрезы 9 и 7, Самарово)

Смешанный хвойный лес (разрез 7)			Пашня с 1928 г. (разрез 9)		
горизонт	глубина в см	гумус в %	горизонт	глубина в см	гумус в %
A_0	3—5	6.50	$A_{пах.}$	0—12	4.6
A_1	5—9	2.30	A_2	20—30	1.4
A_2	11—22	1.10	B_1	50—60	0.7
B_1	40—50	0.81	B_2	100—110	0.6
B_2	67—75	0.77			
B_3	120—130	0.50			
B_4	150—160	0.40			

ные величины обменной и гидролитической кислотности и низкую степень насыщенности основаниями, особенно для верхних горизонтов (табл. 8).

Обменная кислотность сильно подзолистых целинных почв, находящихся под лесом, в горизонтах A_1 и A_2 составляет 11.9—10.8 м-экв.; гидролитическая — 17.1—12.3 м-экв. С глубиной происходит падение гидролитической и обменной кислотности.

На распаханных участках величины обменной и гидролитической кислотности заметно снижаются: в пахотном горизонте обменная кислотность составляет 9.7 м-экв. и гидролитическая — 14.2 м-экв.; с глубиной, так же как и под лесом, эти величины заметно снижаются. Абсолютные величины обменной и гидролитической кислотности очень высоки. Если их сравнить со шкалой Леммермана, то они оказываются выше последних в 10—15 раз. По шкале Леммермана почвы, требующие 7 см³ 1N щелочи для нейтрализации обменной кислотности, относятся к группе сильно кислых почв, тогда как в нашем случае на нейтрализацию обменной кислотности требуется от 56 до 119 см³ щелочи.

В целях устранения высокой кислотности подзолистых почв округа и обогащения почвенно-поглощающего комплекса кальцием необходимо применять известкование. Однако применение только одного известкования не может в корне изменить физические и химические свойства почвы. Для этого необходимо, как показал наш опыт, сеять многолетние травы и вносить в почву в высоких дозах органические удобрения (навоз, компост и т. д.).

Сумма поглощенных оснований (S), а отсюда и степень насыщенности (V) на распаханных участках выше, нежели на целине под лесом, причем абсолютные величины S и V оказываются низкими. V до глубины 60 см не превышает 36.7 м-экв.; наименьшая V отмечается в подзолистом горизонте почвы под лесом. Ниже 60 см V заметно возрастает и в иллювиальном горизонте достигает 80%. S, определенная по Каппену, колеблется по участкам от 4—9 м-экв. для верхних горизонтов (до глубины 60 см) и возрастает до 15—20 м-экв. в иллювиальных горизонтах. Емкость поглощения (T), определенная по методу Бобко и Аскинази, колеблется в пределах 11.0—22.0 м-экв., причем максимальные величины T колеблются в иллювиальном горизонте, минимальные—в подзолистом. На распаханных участках T выше, чем на целинных почвах (вырубках); на глубине 0—10 см на пахотном участке T составляет 17 м-экв., на целине — 15 м-экв. На глубине 40—50 см величины T почти выравниваются и достигают на пашне 11.4 м-экв., на целине — 11 м-экв. В горизонте B_3 T достигает максимальной величины, 22.1 м-экв.

Величины, определенные путем суммирования S и гидролитической кислотности, являются несколько преувеличенными, но характер распре-

Таблица 8.

Агрохимические свойства подзолистых и дерново-лугово-глеевых почв Ханты-Мансийского округа

(разрезы 1а, 2, 16, 17, Самарово)

Почва	Горизонт	Глубина в см	pH солевой вытяжки	Обменная кислотность в м-экв.	Гидролитическая кислотность в м-экв.	*S* по Каппену	*V* в %	Емкость поглощения (*T*) в м-экв.
Сильно подзолистая суглинистая на лёссовидных суглинках. Раскорчевка, в распашке с 1928 г. Разрез 1а	$A_{пах.}$	0—17	3.8	9.7	14.2	8.3	36.7	22.5
	A_2	17—28	3.8	10.4	12.7	6.3	33.2	19.0
	A_2B_1	38—58	4.0	8.2	10.1	4.8	32.0	14.9
	B_2	80—100	4.0	5.6	7.5	15.2	67.0	22.6
	B_3	120—140	4.0	—	6.1	17.3	73.9	23.4
	B_4	160—180	4.2	—	3.5	19.9	85.2	23.3
	C	200—220	4.2	—	2.7	13.8	83.4	16.2
	C	240—260	4.2	—	2.7	10.5	85.5	13.2
	C	280—300	4.5	—	2.5	14.4	—	16.7
Сильно подзолистая суглинистая на лёссовидных суглинках. Смешанный хвойный лес. Разрез 2. Самарово	A_1A_2	5—12	3.6	11.9	17.1	—	—	—
	A_2	12—22	3.8	10.8	12.3	3.8	23.2	16.1
	B_1	25—35	3.7	10.7	9.9	4.5	31.0	14.4
	B_1	45—55	3.7	—	—	5.8	35.2	16.5
	B_2	70—80	4.1	—	7.5	9.3	55.2	16.7
	B_3	110—120	4.4	—	4.0	18.9	82.2	23.0
	B_4	130—140	4.4	—	4.6	20.4	81.6	—
	B_4	150—160	4.2	—	2.8	19.5	8.7	20.0
	B_4	170—180	4.3	—	2.8	17.0	85.8	20.0
	C	190—200	—	—	2.2	7.1	76.8	9.3
Дерново-лугово-глеевая суглинистая почва слоистой поймы Иртыша. Под распашкой 2 года. Разрез 17	$A_{пах.}$	0—12	4.6	3.2	4.8	19.3	80.1	24.1
		12—22	4.3	2.5	4.0	15.2	79.3	19.2
		100—110	4.4	6.0	6.2	12.9	67.3	19.1
Дерново-лугово-глеевая тяжелосуглинистая почва слоистой поймы Иртыша. Под распашкой 1 год. Разрез 16	A_1	0—15	6.2	3.15	5.3	23.4	86.2	28.7
	A_1	15—30	4.8	3.15	—	25.4	—	—

Примечание. Емкость поглощения в данном случае непосредственно не определялась и составлена из суммы поглощенных оснований и гидролитической кислотности.

деления этих величин по профилю подтверждает ту же закономерность, что и в случае непосредственного определения ее.

Кислотность дерново-луговых почв поймы Иртыша ниже, чем в подзолистых непойменных почвах. pH солевой вытяжки для глубины 0—15 см—4.6—6.2; для 15—30 см — 4.3—4.8; величины гидролитической и обменной кислотности здесь в три-четыре раза ниже, чем в подзолистых лесных почвах. Наоборот, сумма поглощенных оснований, степень насыщенности и емкость поглощения гораздо выше. Степень насыщенности катионами, выраженная в процентах от емкости, составляет 80—86.2%. Эти почвы слабо нуждаются в известковании.

По общему запасу питательных веществ подзолистые почвы существенно не отличаются от средне обеспеченных почв подзолистой зоны. Содержание общего азота для горизонта 0—20 см колеблется от 0.12 до 0.25%, нитратного — 15—20 мг на 1 кг почвы, P_2O_5—7.5 до 8 мг на 100 г почвы. Тем не менее опытами Ханты-Мансийского опорного пункта установлено, что эти

почвы сильно нуждаются в удобрениях: навозное удобрение при дозе 60—80 т/га увеличивает урожай в 2—3 раза.

Однако одним этим мероприятием не решается проблема получения высоких и устойчивых урожаев в округе. Практически самым важным вопросом для земледелия округа представляется вопрос применения комплекса агротехнических мероприятий в создании высокого устойчивого плодородия подзолистых почв.

Создание структурных почв в округе особенно важно потому, что это улучшит их водные и тепловые свойства; последнее имеет подчас решающее значение в создании урожая.

Акад. В. Р. Вильямс (1938) разработал способ создания прочной комковатой структуры в полевой почве. Основа этого способа заключается в посеве многолетних трав (злаковых в смеси с бобовыми). При введении севооборота необходимо проектировать посевы многолетних трав.

ВЫВОДЫ

1. Основными почвообразующими породами Ханты-Мансийского округа являются четвертичные образования преимущественно ледникового происхождения, причем в северной части округа преобладают пески и супеси, редко встречаются суглинки и глины, в южной — лёссовидные суглинки и лишь местами они прерываются супесями и песками.

2. Почвенный покров не отличается большим разнообразием и представлен почвами подзолистого и болотного типа. Первый тип представлен средне и сильно подзолистыми почвами, у которых содержание валового азота колеблется в верхних горизонтах (0—20 см) от 0.2 до 0.5%, гумуса — 2.5—4.5% для суглинистых разностей, снижаясь до сотых долей процента в песчаных почвах.

В северной части округа почвы болотного типа преобладают над подзолистыми, а в южной, наоборот, подзолистые — над болотными. Площадь почв болотного типа неуклонно возрастает за счет площади подзолистых почв; при этом увеличивается площадь торфяно-подзолистых и подзолисто-глеевых почв.

3. С агрохимической стороны подзолистые почвы округа характеризуются сильно кислой реакцией (pH солевой равен 3.5—4.0), слабой насыщенностью основаниями (25—35%), высокой обменной и гидролитической кислотностями, величины которых превышают общепринятые показатели для подобных почв в 10—15 раз. Распаханные участки показывают более благоприятные соотношения агрохимических свойств. Здесь кислотность меньше, насыщенность выше.

4. Подзолистые почвы имеют благоприятные соотношения скважности и аэрации (скважность 50—60%, аэрация 15—30%), причем распаханные участки имеют бо́льшую скважность и лучшую аэрацию по сравнению с целинными (лес, вырубка). Аэрация дерново-луговых почв низкая вследствие их высокой влажности.

Вертикальное распределение влажности подзолистых почв зависит от растительности и окультуренности участка. Самую высокую влажность имеет почва старой вырубки, низкую — распаханный участок (под пшеницей) и среднее положение занимает почва под лесом, причем верхние горизонты почвы во всех случаях увлажнены сильнее. Дерново-луговые почвы поймы Иртыша избыточно увлажнены.

5. Подзолистые почвы округа характеризуются невысоким содержанием элементов пищи растений (содержание валового азота 0.12—0.25%, нитратного 15—20 мг на 1 кг почвы, фосфора 7—8 мг на 100 г почвы) и высокой кислотностью. Отсюда необходимость применения удобрений и извест-

кования очевидна. Однако основными в деле создания высокого и устойчивого плодородия почв должны быть мероприятия по созданию структуры почвы.

ЛИТЕРАТУРА

Вильямс В. Р. Почвоведение. М., 1938.

Высоцкий Н. К. Очерк третичных и послетретичных образований Западной Сибири. Геологические исследования и разведочные работы по линии Сибирской ж. д., вып. V, СПб., 1896.

Винокуров М. А. и Горшенин К. П. Почвы и почвенные районы Сибири. Новосибирск, 1931.

Городков Б. Н. Опыт деления западносибирской низменности на ботанико-географические области. Ежегодник Тобольского музея, 1916.

Городков Б. Н. и Неуструев С. С. Почвенные районы Уральской области. Техн.-экон. сборник «Урал», вып. 5, 1923.

Городков Б. Н. Поездка в Самышский край. Ежегодник Тобольского музея, 1913.

— Почвы Гыданской тундры. Тр. полярной экспедиции АН, № 7, 1932.

Дунин-Гаркавич. Тобольский север, 1904.

Драницын Д. А. Материалы по почвоведению и геологии западной части Нарымского края. Тр. почвенно-ботан. экспед. по исслед. колонизац. районов азиатской части России. Петроград, 1915.

— Вторичные подзолы и перемещение подзолистой зоны на севере Обь-Иртышского водораздела. СПб., 1914.

Ильин Р. С. Заметки о рельефе и почвах левобережья Нарымского края. Тр. Гос. почв. инст., 1929.

— К чему приводит отрыв почвоведения от геологии. Почвоведение, № 6, 1933.

Миддендорф А. В. Путешествие на север и восток Сибири. СПб., 1860—1867.

Макеров Я. А. О ледниковых отложениях на правом берегу Иртыша. Тр. СПб. общ. естествоиспыт., т. XXI, вып. 1, отд. геол. и минерал., 1891.

Ревердатто. Растительность Сибири. Новосибирск, 1931.

Цыпленкин Е. И. Почвенно-агрономические исследования на Крайнем Севере. М., 1937.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СБОРНИК ПАМЯТИ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

Д. П. КАРПЕЧЕНКО
КАФЕДРА ПОЧВОВЕДЕНИЯ ТСХА

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУММЫ ПОГЛОЩЕННЫХ КАТИОНОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗА

Для очистки коллоидов от кристаллоидов еще Грэхмом был предложен метод диализа, основанный на непроницаемости коллоидов через полупроницаемые перепонки. Так как этот метод требует продолжительного времени (иногда недель и месяцев), много растворителя и связан с рядом других неудобств, начали применять метод электродиализа, совмещающий диализ с электролизом. Электродиализ быстрее и полнее очищает коллоидальные вещества от кристаллоидов и дает возможность учитывать количество выделяющихся электролитов. Поэтому этот метод нашел широкое применение не только в лабораторной практике, но и во многих технических производствах.

Сравнительно не так давно этот метод вошел в практику при исследовании почв. Впервые он был введен W. Brown и S. Kelley (1926) с целью изучения обменных катионов почв. Еще больший толчок в деле применения этого метода к почве дали работы Бредфильда (R. Bradfield (1927) и Маттсона (S. Mattson, 1926). В настоящее время электродиализ используется в двух направлениях: во-первых, для выделения из почвы поглощенных оснований и насыщения ее ионами водорода и, во-вторых, для выделения из почвы подвижных форм питательных веществ, главным образом фосфатов и калия, в целях определения доступности их растениям.

Так, Маттсон сравнивал количество отэлектродиализованных катионов с обменными катионами, определяемыми методом 0.05 *N* солянокислой вытяжки и нормальным раствором NH_4Cl, и нашел их совпадающими между собой. H. Hagrer сравнивал количество выделенной из почвы фосфорной кислоты электродиализом с кислыми вытяжками по методу Truog и Bray и, сопоставляя полученные результаты с данными полевых опытов, нашел, что из 148 случаев электродиализ дает 140 совпадений, или 94.5%.

Ф. Соболев и Вайс-Калинкова (1934) применили электродиализ как метод выделения из почвы подвижных фосфатов и калия и, сравнив его с методами Аррениуса, Truog и Зигмонди для фосфатов и с методами Пейве и Рейфенберг-Масловой для калия, пришли к выводу, что метод электродиализа значительно чувствительнее, чем химические методы. Но на ряду с положительными отзывами об электродиализе имеются и обратные отзывы. Так, McGeorge (1932) «сомневается» в возможности применения электродиализа на кислых почвах. L. Dean (1934), не отрицая электродиализа как метода выделения из почв легко подвижных фосфатов, все же дает предпочтение кислым вытяжкам. Соболев и Вайс-Калинкова в своей работе отмечают, что в отдельных случаях «амплитуда показаний электродиализа гораздо шире, чем химических методов. По данным электродиализа цифры изменяются в сотни раз, в то время как химические методы дают очень сглаженные показания».

Таким образом, на основе этих сопоставлений можно отметить, что электродиализ по сравнению с другими методами дает в основном хорошие результаты, но в отдельных случаях имеются и большие расхождения. Во всех работах электродиализ применялся как прикладной метод для выделения им поглощенных оснований или к характеристике подвижных питательных веществ почвы.

Несколько иначе подходит к электродиализу Алешин (1938). Исходя из работ E. Heymann (1925) и L. Dean (1934), он попытался проследить процесс выхода катионов и анионов, который, по его мнению, должен уложиться в определенную математическую зависимость. Для обоснования своих теоретических предположений он исходит из уравнения Планка для электролиза

$$I = qh\alpha\,(U_k + U_a)\,C, \tag{1}$$

где I — сила тока;
q — поперечное сечение электродов;
h — падение разности потенциала на 1 см;
α — степень диссоциации;
$(U_k + U_a)$ — электролитическая подвижность катионов и анионов;
C — концентрация электролита в смеси с коллоидами.

Если в процессе электродиализа концентрация C за время dt изменяется на dC, то это количество вещества выделится на электродах. Согласно законам Фарадея, выделившееся количество вещества — dC перенесет через поперечное сечение проводника — $dCF = Q$ кулонов электричества. Но так как количество электричества Q пропорционально силе тока I и времени протекания dt, то уменьшение количества электролитов в процессе электродиализа будет равно

$$dCF = Idt$$

или

$$-\frac{dC}{dt} = \frac{I}{F}, \tag{2}$$

где F — Фарадеево число, равное 96 500 кулонам.

Подставив в это уравнение значение I из уравнения Планка, получаем:

$$-\frac{dC}{dt} = \frac{qh\alpha\,(U_k + U_a)\,C}{F} \tag{3}$$

Принимая C равное $Э_\infty - Э$,
где C — количество оставшегося во внутренней камере электролита;
$Э_\infty$ — количество электролита, способное выделиться на электродах при бесконечно длительном электродиализе;
$Э$ — количество электролита, выделившееся ко времени t.

Подставив значение C в уравнение (3), Алешин получает:

$$-\frac{d\,(Э_\infty - Э)}{dt} = \frac{qh\alpha\,(U_k + U_a)\,(Э_\infty - Э)}{F}. \tag{4}$$

Допуская, что в процессе электродиализа q, h, F — постоянны, а U_K, U_k и α при электродиализе не засоленных или мало засоленных почв также неизменны, он заменяет эти величины постоянной:

$$\frac{qh\alpha\,(U_k + U_a)}{F} = K. \tag{5}$$

Таким образом, уравнение (4) принимает следующий вид:

$$\frac{d\,(Э_\infty - Э)}{dt} = K\,(Э_\infty - Э). \tag{6}$$

Интегрируя (6), он находит

$$-\int \frac{d(Э_\infty - Э)}{Э_\infty - Э} = K\int dt; \quad \ln \frac{Э_\infty}{Э_\infty - Э} = Kt \tag{7}$$

и после некоторых математических преобразований приходит к уравнению

$$\frac{Э}{Э_\infty - Э} = Kt. \tag{8}$$

Из уравнения (8) Алешин вычитает значение $Э$ и получает

$$Э = Э_\infty \frac{t}{\frac{1}{k} + t}, \text{ или } Э = Э_\infty \frac{t}{a+t}, \tag{9}$$

принимая, что

$$\frac{1}{k} = a.$$

Так как в уравнении (9) значение a и $Э_\infty$ неизвестны, то для более быстрого и точного их нахождения Алешин преобразует это уравнение к виду прямой

$$\frac{Э}{t} = \frac{Э_\infty}{t+a};$$

перевертывая, получает

$$\frac{t}{Э} = \frac{1}{Э_\infty} t + \frac{a}{Э_\infty}. \tag{10}$$

Если отложить значение величины $\frac{t}{Э}$ по оси ординат, а t по оси абсцисс, то, согласно уравнению (10), они должны расположиться на прямой. Котангенс угла этой прямой дает $Э_\infty$, а отрезок, отсекаемый данной прямой на оси ординат, дает значение $\frac{d}{Э_\infty}$. Зная величину этого отрезка и $Э_\infty$, легко вычислить значение a.

Подставляя значение $Э_\infty$ и a в уравнение (10), можно вычислить теоретическое значение выхода катионов и анионов для любой продолжительности электродиализа, в том числе и для бесконечно длительного, т. е. для времени, когда можно считать, что все способные к электродиализу катионы и анионы будут удалены.

В ходе работы, предложенной нам акад. В. Р. Вильямсом, требовалось получить почвы, насыщенные ионами водорода. Акад. В. Р. Вильямс рекомендовал нам произвести это насыщение методом электродиализа. Насыщая почву ионами водорода при помощи электродиализа, мы попутно учитывали выход катионов и анионов и полученные результаты обрабатывали согласно приведенному уравнению.

Для исследования мы взяли почвенные образцы из лизиметрических опытов акад. В. Р. Вильямса — лизиметров 7 и 9 (1938). Почвы этих лизиметров имеют одну и ту же почвообразующую породу. Различаются они только тем, что с 1904 по 1938 г. почвообразующая порода лизиметра 7 была предоставлена естественному зарастанию травянистыми растениями, а на почвообразующей породе лизиметра 9 были в 1904 г. посажены еловые саженцы, которые нормально произрастали до 1938 г.

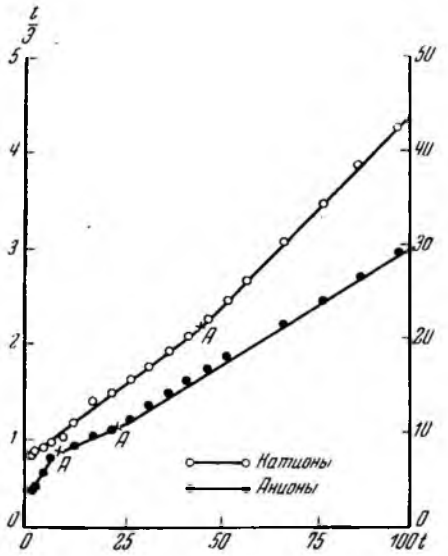
Краткая физикохимическая характеристика этих почвенных образцов и почвообразующей породы для этих почв дана в табл. 1.

Электродиализ этих почв производился в трехкамерном стеклянном электродиализаторе типа Пауля с сетчатыми платиновыми электродами. Расстояние между электродами 8 см. Длина всех камер электродиализатора — 6 см, диаметр их — 7.5 см.

Таблица 1

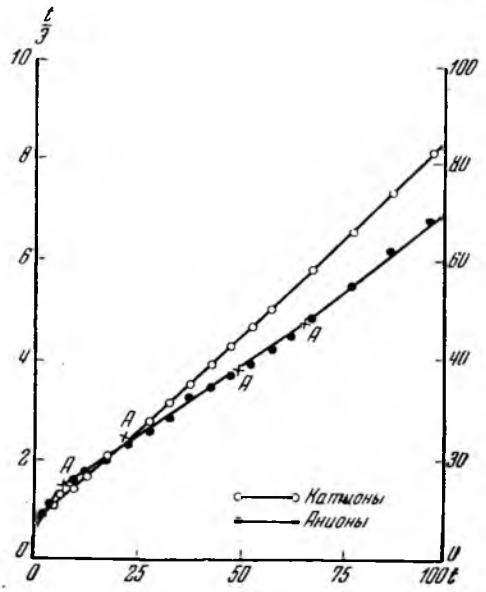
Краткая физикохимическая характеристика почвенных образцов лизиметров 7 и 9 и почвообразующей породы

Наименование образцов	Гумус по Кнопу	Емкость обмена		Кислотность по Каппену		pH	
		методом электродиализа	методом Алешина	обменная в м-экв.	гидролитическая в м-экв.	в KCl	в H_2O
Почвообразующая порода — валунный суглинок	0	16.8	18.2	0	0.21	6.69	7.00
Почва лизиметра 7	3.54	24.2	23.9	0	2.66	6.25	6.66
Почва лизиметра 9	0.36	12.6	13.3	1.75	5.25	4.31	6.10



Фиг. 1. Кривые выхода катионов и анионов на дерновой почве (луг) лизиметра 7.

Буквы *А* на кривых обозначают точки перегиба.



Фиг. 2. Кривые выхода катионов и анионов на подзолистой почве (лес) лизиметра 9.

Буквы А на кривых обозначают точки перегиба.

Между двумя каучуковыми кольцами закладывались целлофановые мембраны, прижимавшиеся к средней камере винтами. Каучуковые кольца предварительно очищали в 2.5% натронной щелочи, а затем в кипящей дистиллированной воде. Окончательная очистка каучуковых колец и мембраны производилась электродиализом.

Навеску воздушно-сухой почвы в 40 г, просеянную через сито в 1 мм, помещали в среднюю камеру, содержащую 200 см³ дестиллированной воды; в крайние камеры также наливали по 200 см³ дестиллированной воды. Через определенные интервалы, приведенные в табл. 2, анодную (анолит) и катодную (католит) жидкость сливали и определяли общее количество оснований и общее количество кислот. Определение выхода анионов и катионов производилось при двукратном титровании каждой пробы. Электродиализ мы закончили, когда в катодной жидкости можно было определить

не больше 0.02—0.03 м-экв. катионов, способных выделиться в течение беспрерывного 15-часового электродиализа, для чего в общем потребовалось 157 часов электродиализа для почвы лизиметра 7 и 107 часов для почвы лизиметра 9 и почвообразующей породы этих почв. Полученные нами результаты сведены в табл. 2 и графиках фиг. 1, 2, 3.

Таблица 2

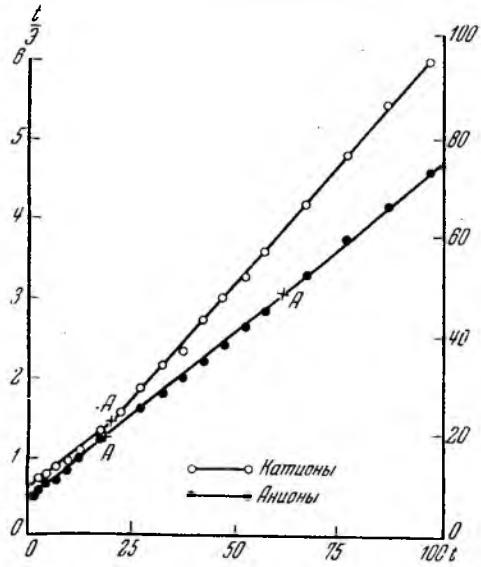
Выход катионов в м-экв. на 100 г сухой почвы

Почва лизиметра 7				Почва лизиметра 9				Почвообразующая порода для почв лизиметров 7 и 9			
Время электродиализа	$Э_н$	$Э_в$	Δ	Время электродиализа	$Э_н$	$Э_в$	Δ	Время электродиализа	$Э_н$	$Э_в$	Δ
1	1.25	1.20	−0.05	1	1.33	1.17	−0.16	1	1.63	1.55	−0.08
	2.35	2.32	−0.03	2	2.25	2.16	−0.09	2	2.66	2.90	+0.24
	4.38	4.34	−0.04	4	3.58	3.74	+0.16	4	4.96	5.15	+0.19
6	6.28	6.12	−0.16	6	4.70	4.94	+0.24	6	6.89	6.97	+0.08
9	8.92	8.40	−0.52	9	6.38	6.29	−0.09	9	9.35	9.15	−0.20
12	10.45	10.30	−0.15	12	7.30	7.30	0	12	11.45	10.77	−0.68
17	12.48	12.90	+0.42	17	8.51	8.49	−0.02	17	12.72	12.72	0
22	15.03	15.05	+0.02	22	9.37	9.33	−0.04	—	—	—	—
27	16.65	16.70	+0.05	27	9.93	9.93	0	—	—	—	—
32	18.65	18.19	−0.46	—	—	—	—	—	—	—	—
37	19.55	19.30	−0.25	—	—	—	—	—	—	—	—
42	20.33	20.38	+0.05	—	—	—	—	—	—	—	—
47	21.00	21.22	+0.22	—	—	—	—	—	—	—	—
Вычисленные значения	$Э_\infty = 33.30$; $a = 8.45$			$Э_\infty = 13.90$; $a = 10.90$				$Э_\infty = 23.26$; $a = 14.0$			
Перелом прямой выхода											
52	21.32	21.53	+0.21	32	10.26	10.33	+0.07	22	13.93	14.30	+0.37
57	21.58	21.78	+0.20	37	10.55	10.58	+0.03	27	14.43	14.60	+0.17
67	21.90	22.03	+0.13	42	10.76	10.71	−0.05	32	14.75	14.80	+0.05
87	22.22	22.36	+0.14	47	10.97	10.94	−0.03	37	15.07	15.12	+0.05
97	22.54	22.53	−0.01	52	11.18	11.10	−0.08	42	15.28	15.31	+0.03
107	22.74	22.72	−0.02	57	11.39	11.20	−0.19	47	15.49	15.43	−0.06
117	22.88	22.85	−0.03	67	11.50	11.40	−0.10	52	15.70	15.58	−0.12
127	22.97	22.98	+0.01	77	11.61	11.56	−0.05	57	15.83	15.67	−0.16
137	23.06	23.06	0	87	11.70	11.67	−0.03	67	15.96	15.85	−0.11
147	23.15	23.20	+0.05	97	11.79	11.74	−0.05	77	16.05	15.94	−0.11
157	23.24	23.22	−0.02	107	11.82	11.82	0	87	16.14	16.08	−0.06
167	23.27	23.24	−0.03	—	—	—	—	97	16.23	16.12	−0.11
—	—	—	—	—	—	—	—	107	16.26	16.28	+0.02
Вычисленные значения	$Э_\infty = 24.20$; $a = 6.29$			$Э_\infty = 12.60$; $a = 7.05$				$Э_\infty = 16.80$; $a = 4.03$			

Как видно из табл. 2 и в особенности из графиков, выход катионов не выражается одной прямой. Этот выход для катионов образует ломаную линию, состоящую из двух отрезков, а для анионов — и большего числа их. Аналогичные изломы были отмечены С. Н. Алешиным на американских почвах по данным Роста (Rost) и Маттсона (Mattson).

«Данные Rost,—пишет С. Н. Алешин,—дают хорошее согласие найденных значений $Э$ с вычисленными, за исключением тех количеств катионов, которые выходят в первые 8 часов. Что же касается данных Маттсона, то следует отметить две стадии выхода катионов: первая, характеризующаяся

наибольшими коэффициентами $Э_\infty$ и a, и вторая, где эти коэффициенты во много раз меньше по сравнению с коэффициентами первой стадии».



Фиг. 3. Кривые выхода катионов и анионов на почвообразующей породе лизиметров 7 и 9.

Буквы *A* на кривых обозначают точки перегиба.

Выход катионов при электродиализе, по данным Маттсона, приведен в табл. 3.

Но, отмечая эти перегибы, С. Н. Алешин не дает указаний, к каким же точкам ломаной приложить выведенное им уравнение и какой из этих отрезков соответствует той величине, которая ближе всего характеризует сумму поглощенных оснований данных почв. Такое разъяснение позволило бы, во-первых, по 3—5 точкам выхода катионов математически рассчитать сумму поглощенных катионов, не доводя процесс определения до конца, и, во-вторых, по сравнению с химическими методами намного сократило бы время определения суммы поглощенных оснований в почве.

Мы произвели соответствующий расчет по уравнению (10) как для первого, так и для второго отрезка ломаной и сопоставили эти данные с данными химических методов определения поглощенных оснований. Полученные результаты сведены в табл. 4.

Из табл. 4 видно, что выход катионов, теоретически вычисленных по второму отрезку ломаной, близко совпадает с выходом катионов, полученным химическими методами, и с данными, практически нами полученными электродиализом. Некоторое отступление от этого положения дает почва лизиметра 9. Она имеет близкие показатели найденных ($Э_н$) с ($Э_в$), вычисленными с данными, полученными химическими методами.

Таблица 3

Количество титруемых оснований на 100 г абс. сухой почвы

Данные Маттсона (1936)

Время электродиализа	Шаркей-почва			Маннор-почва		
	$Э_н$	$Э_в$	Δ	$Э_н$	$Э_в$	Δ
1	2.60	2.58	—0.02	1.81	2.02	0.21
2	5.00	5.07	0.07	2.99	2.81	—0.18
3	7.28	7.46	0.18	3.40	3.23	—0.17
4	9.54	9.77	0.23	3.51	3.48	—0.03
5	12.25	12.00	—0.25	3.55	3.66	0.11
6	14.31	14.14	—0.27	—	—	—
7	16.32	16.21	—0.11	—	—	—
8	18.32	18.21	—0.11	—	—	—
9	20.22	20.14	—0.08	—	—	—
10	22.03	22.01	—0.02	—	—	—
11	23.64	23.82	0.18	—	—	—
12	25.47	25.57	0.10	—	—	—
Вычисленные значения	$Э_\infty = 133.6$; $a = 50.70$			$Э_\infty = 4.58$; $a = 1.26$		

Окончание табл. 3

Время электродиализа	Шаркей-почва			Маннор-почва		
	$Э_н$	$Э_в$	Δ	$Э_н$	$Э_в$	Δ
	Перелом прямой выхода					
13	26.29	26.57	0.28	—	—	—
14	26.84	26.84	0	—	—	—
15	27.26	27.22	—0.04	—	—	—
16	27.62	27.56	—0.06	—	—	—
17	27.91	27.87	—0.04	—	—	—
18	28.18	28.15	—0.03	—	—	—
19	28.59	28.40	—0.19	—	—	—
20	28.73	28.64	—0.09	—	—	—
21	28.85	28.85	0	—	—	—
22	28.94	29.05	0.11	—	—	—
Вычисленные значения	$Э_\infty = 33.95$; $a = 3.71$			—		

Таблица 4

Сравнение методов определения емкости поглощения и суммы поглощенных оснований по электродиализу

Наименование образца	Емкость поглощения в м-экв. на 100 г сухой почвы				
	электродиализом (сумма поглощенных оснований)			химическим методом	
	расчет по первому отрезку ломаной	расчет по второму отрезку ломаной	практически получено при электродиализе	по методу Бобко-Аскинази	по методу С. Н. Алешина
Почва лизиметра 7 . .	33.30	24.20	23.27	24.23	23.90
Почва лизиметра 9 . .	13.90	12.60	11.82 (13.57)[1]	12.42	13.30
Почвообразующая порода почв из лизиметров 7 и 9	23.26	16.80	16.26	17.01	18.20

Что же касается остальных отрезков, то полученные расхождения таковы, что требуют учета этих перегибов. Поэтому вычисление суммы поглощенных оснований по начальным точкам выхода катионов и по первому отрезку ломаной производить нельзя. Это можно делать только не раньше, как через некоторый, определенный для данной почвы промежуток времени. Так, на почве лизиметра 7 угол перелома наметился через 47 часов, на почве лизиметра 9 — через 27 часов, а на почвообразующей породе — через 17 часов, причем углы перелома своей вершиной обращены в сторону оси абсцисс.

Мы не приводим таблицы для выхода анионов и ограничиваемся только графиками, так как нас не интересовали вопросы, связанные с выходами анионов и доступностью их растениям. Приведенные же графики, как уже было сказано, имеют изломы, не совпадающие с изломами по выходу катионов. Общее количество вышедших анионов резко отличается от общего количества вышедших катионов. Так, из почвы лизиметра 7 в течение 157-часового электродиализа на 23.27 м-экв. оснований выделилось 3.56 м-экв.

[1] С учетом обменного водорода по табл. 1; для лизиметра 7 и почвообразующей породы понятия суммы поглощенных оснований и емкости поглощения тождественны.

анионов; из почвы лизиметра 9 на 11.82 м-экв. оснований выделилось 1.43 м-экв. анионов в течение 107-часового электродиализа.

ВЫВОДЫ

На основе всей проделанной нами работы можно сделать следующее обобщение:

1. Анализу подвергались образцы почв из лизиметрических опытов акад. В. Р. Вильямса, заложенных им в 1904 г. и вскрытых в 1938 г. для анализа происшедших за этот промежуток времени изменений.

2. Одним из методов анализа этих почв был электродиализ с учетом выхода катионов и анионов как на материнской породе, так и на образцах из лизиметров с почвами, образовавшимися на этой породе.

3. Для учета выхода катионов и анионов применялось уравнение Алешина, причем оказалось, что выход катионов и анионов выражается уравнением не прямой, а ломаной, состоящей из двух отрезков для катионов и большего числа их для анионов.

4. Сравнение экспериментальных данных выхода катионов и теоретически вычисленных для каждого отрезка ломаной дает совпадающие показатели.

5. Максимальное количество катионов, способных выйти при бесконечно длительном электродиализе, эквивалентно понятию суммы поглощенных оснований, определяемой химическими методами, которая, будучи вычислена по первому отрезку ломаной, значительно превышает таковую, вычисленную по второму отрезку ломаной.

6. Сравнение этой суммы, вычисленной по уравнению прямой и определенной химическими методами, дало совпадающие величины только для второго отрезка ломаной выхода катионов.

7. Вычисление суммы поглощенных оснований по первому отрезку ломаной и, в особенности, по начальным точкам выхода катионов дает весьма преувеличенные показатели по сравнению с данными химических методов и экспериментально полученными электродиализом. Поэтому применять этот метод для определения суммы поглощенных оснований практически в таком виде нельзя.

В заключение считаю своим долгом выразить благодарность заслуженному деятелю науки профессору В. П. Бушинскому за содействие и ценные советы по настоящей работе.

ЛИТЕРАТУРА

Алешин С. Н. Тр. Тимирязевской с.-х. академии, т. 3, вып. 2, 1938.
Вильямс В. Р. Почвоведение. Изд. 4, М., 1938.
Карпеченко Д. П. Доклады Всесоюзной академии с.-х. наук им. В. И. Ленина. Вып. 16, 1940.
Соболев Ф. и Вайс-Калинкова Т. Химизация соц. земледелия, № 10, 1934.
Bradfield R. Ist Int. Congr. of Soil Science, 1927.
Brown W. and Kelley S. Soil Science, v. XXI, № 14, 1926.
Dean L. Soil Science; v. 37, № 4, 1934.
George Mc. Aris. Agr. Exp. Sta. Tech. Bul. 35, 1932.
Harper H. Soil Science. v. 35, № 1.
Heymann E. Zeitschr. f. Physik. Chem., Bd. 118, 965, 1925.
Mattson S. Journ. of Agric. Res., v. 33, № 6, 1926.

С. И. ДОЛГОВ и *А. И. ЯМНИКОВ*
ПОЧВЕННЫЙ ИНСТИТУТ АН СССР ИМ. В. В. ДОКУЧАЕВА

ИСПЫТАНИЕ ВОДОПРОЧНОСТИ ПОЧВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ДОЖДЕВАНИЕМ

Одной из крупнейших заслуг акад. В. Р. Вильямса и созданного им учения является то, что он выявил и показал огромную роль комковатой структуры почвы в процессах почвообразования и колоссальное ее значение для всех отраслей социалистического земледелия. Значение этих работ акад. В. Р. Вильямса так велико, что еще многие поколения почвоведов и агрономов будут руководствоваться основными принципиальными положениями Вильямса о роли и значении комковатой структуры почв для решения различных теоретических и практических вопросов и будут развивать их шире и глубже, применительно к различным конкретным условиям.

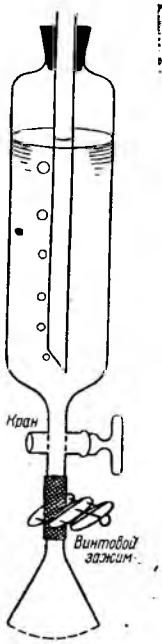
Одним из первых вопросов, с которым приходится сталкиваться практику и теоретику в области изучения или использования комковатой структуры почв, является вопрос о способах характеристики (или оценки) структуры почвы. Из существовавших до настоящего времени способов оценки структуры почв — методов Г. И. Павлова (1930), А. Ф. Тюлина (1928), Н. И. Саввинова (1931), — метод Н. И. Саввинова вполне заслуженно получил всеобщее признание и распространение. Однако все эти три метода обладают одним недостатком, который позволяет использовать полученные при их помощи результаты лишь качественным образом, хотя бы они и выражались некоторыми числами. Этим недостатком является то, что во всех этих методах на почвенный образец действует огромное количество воды, производя действия, ничем не похожие на то действие воды, которому подвергается почва в природной обстановке, где сложение почвы нарушается в подавляющем большинстве случаев разрушающим действием дождя (после разрушающего действия талых весенних вод почва всегда подвергается дополнительным обработкам и только после этого становится местом обитания культурных растений; поэтому этот случай при первом рассмотрении может быть опущен).

Мы полагаем, что только возможно более полным приближением методов воздействия на почву к природным и обычным в сельскохозяйственном производстве воздействиям, по возможности полным их моделированием, можно получить не только действительно количественные характеристики структуры почвы и ее устойчивости, но и использовать полученные результаты для нормирования ряда агротехнических мероприятий.

Если, взяв за основу эти положения, подойти к характеристике структуры почв, то станет ясно, что основным и наиболее часто повторяющимся явлением, вызывающим нарушение структуры почвы, нарушение того сложения пахотного слоя, которое придано ему вспашкой, боронованием и пр., является дождь, а поэтому и наиболее ценные и практически полезные результаты можно получить, испытывая структуру почвы дождеванием ее. Этому приему испытания водопрочности почвенных аггрегатов были посвя-

щены в последнее время работы Д. Г. Виленского (1936), который использовал однако этот метод для специфических, а не широко агрономических характеристик, для характеристики смываемости почвы дождем (характеристика податливости почвы эрозии).

При разрушении почвенной структуры под влиянием дождя и при последующем частичном высыхании почвы имеют место три процесса, результаты которых должен учесть и анализ почвенной структуры: во-первых, расплывание почвенных комочков; во-вторых, сплывание их в более крупные комки и, наконец, в-третьих, растрескивание так или иначе разрушенной дождем почвенной массы при ее частичном высыхании (Думанский и др., 1934). Совершенно очевидно, что третий процесс сможет значительно уменьшить неблагоприятное действие первых двух. Поэтому анализ структуры почвы должен учитывать действие всех трех процессов, чего все имеющиеся методы анализов по отношению к двум последним процессам не делают.



Фиг. 1. Дождеватель. Кран с широким отверстием может быть заменен пружинным зажимом.

Метод дождевания почвы для испытания прочности ее аггрегатов мы решили проверить, в первую очередь, на отдельных фракциях комочков, выделенных из различных почв. Для этого были взяты шесть различных образцов:

1) пахотный слой подзолистой суглинистой почвы (с фермы ТСХА);

2) пойменная почва из поймы р. Москвы (у ст. Ильинская, Московской обл.), с глубины 30—60 см.;

3) солонец, столбчатый горизонт B_2 (Марксштадтский кантон АССР НП);

4) юрская глина в районе выбросов у канала Москва—Волга;

5) пахотный горизонт чернозема Каменно-Степной опытной станции;

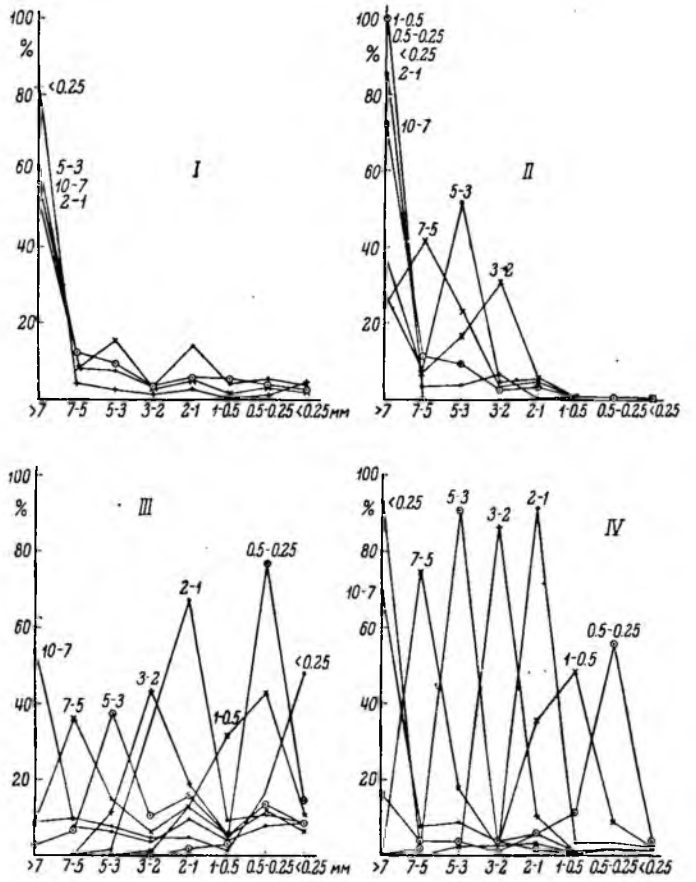
6) чернозем целинный Каменно-Степной опытной станции с глубины 0—20 см.

Все эти образцы были разделены в воздушно-сухом состоянии на фракции комочков: 10—7; 7—5; 3—2; 2—1; 1—0.5; 0.5—0.25 мм и фракцию пыли < 0.25 мм (эти же градации приняты и при всех дальнейших просеиваниях). Каждая из этих фракций подвергалась испытанию дождеванием.

Дождеватель (фиг. 1) был сконструирован из цилиндрического сосуда, похожего на делительную воронку, емкостью в 1.5 л, верхнее отверстие которого было заткнуто каучуковой пробкой с пропущенной сквозь нее почти до нижнего конца сосуда широкой (7—8 мм) стеклянной трубкой. Этим осуществлялось вытекание воды из сосуда в течение всего опыта под постоянным давлением. Нижний конец сосуда заканчивался широкой трубкой со стеклянным краном. К ней при помощи каучуковой трубки присоединялся вершиной конусообразный стеклянный сосуд, плоское дно которого (диаметром 8 см) было снабжено 40 отверстиями диаметром около 0.5 мм каждое, так что расстояние между отверстиями в среднем составляло 10 мм. При помощи винтового зажима, надетого на каучуковую трубку, интенсивность выпадения дождя регулировалась до 1 мм осадков в 1 сек. Эта интенсивность раз в десять превосходит интенсивность даже довольно сильных ливней. Но нам, к сожалению, не удалось достичь природной интенсивности «дождя» при нашей конструкции дождевателя, хотя это, повидимому, можно сделать на дождевателе Д. Г. Виленского, уменьшая до возможного предела диаметр отверстий. Во всех дальнейших испытаниях на каждый образец выливалось 10 мм «дождя» за 10 сек., причем время регулировалось снятием и

надвиганием экрана, прикрывающего почву от непрерывно идущего «дождя».

Для подготовки образцов почвы для дождевания на поверхность 20-сантиметрового слоя суглинка (нами был взят моренный суглинок опытного поля ТСХА) помещались несколько кружков обыкновенной фильтровальной бумаги; на каждый из них ставилось металлическое кольцо высотою в 2 см диаметром в 6 см, в которое и всыпался испытуемый образец почвы. Испы-



Фиг. 2. Результаты испытания дождеванием аггрегатов почв различной водопрочности.

По вертикали отмечен процент содержания комочков после дождевания, высыхания и крошения, а по горизонтали — размер фракции комочков почвы в мм. У кривых проставлены исходные размеры комочков в мм. *I* — подзолистая почва (низкая водопрочность); *II* — солонец (сильная сплываемость особенно мелких комочков); *III* — чернозем — старопашня (водопрочная структура); *IV* — чернозем — целина (высокая водопрочность).

танию подвергалось, таким образом, каждый раз 20—30 г почвы. Система подстилания испытуемой почвы суглинком была применена нами для того, чтобы избыточная вода могла быть быстро отсосана нижезалегающей воздушно-сухой породой, чем было бы в некоторой степени смоделировано природное течение процесса. После проведения дождевания образцы почвы оставлялись для сушки до воздушно-сухого состояния, после чего сбрасыванием с метровой высоты на круг толстой резины (чтобы ударом об упругую поверхность предотвратить механическое распыление образца) они разделялись по поверхностям наименьшей прочности на комочки. Во избе-

жание потерь образца сбрасывание производилось в метровой картонной трубе диаметром в 20 см. После этого проводилось обычное просеивание образца, а содержание комочков каждой фракции выражалось в процентах от веса взятого для испытания образца.

Если максимальное количество аггрегатов в образце после проведения анализа приходилось на размер исходных аггрегатов, то это свидетельствовало об их водопрочности. Наличие же более крупных комков, чем размер исходных аггрегатов, характеризовало сплываемость, а наличие более мелких аггрегатов — распыляемость испытуемого образца почвы или грунта.

Все полученные таким образом данные приведены в табл. 1, а некоторые из них изображены на фиг. 2. Из этих данных видно, что аггрегаты различных почв различно изменяются под влиянием «дождя» в соответствии со своими природными свойствами, причем полученные результаты дают возможность судить о водостойкости образца, об его сплываемости и о распылении его под действием воды. Так, комочки всех размеров пахотного слоя подзолистой почвы (ферма ТСХА) сплывались под действием примененного «дождя» так, что аггрегатный состав всех образцов после дождевания оказался приблизительно одинаковым, вне зависимости от исходного размера комочков. При этом, кроме сплывания 40—60% образца, остальные 40% почвы распылялись водой, и в природной обстановке эта расплывающаяся часть легко может заилить большую часть межаггрегатных пор. Гораздо прочнее оказались комочки почвы зернистой поймы. Все крупные комочки, вплоть до размера 1—2 мм, содержали и после дождевания комочки исходного размера в наибольшем количестве. Таким образом, все комочки этой почвы размером от 1 мм и крупнее могут быть признаны агрономически ценными. Комочки от 0.25 до 1 мм уже оказались в значительной степени сплывшимися, но и в этих пробах после дождевания комочки исходного размера содержались в значительных количествах (23.4 и 21.0). Распыленная часть почвы сплылась на 89.6%.

Наиболее резкое сплывание показали образцы солонца и юрской глины. Комочки, выделенные из солонца, размерами от 3 мм и крупнее, не сплылись от «дождя» в 10 мм. Комочки 3 — 2 мм еще содержали некоторое количество аггрегатов исходного размера. Все более мелкие фракции сплылись в плотные массы, причем в трех более мелких фракциях образцы сплылись полностью. На диаграммах рисунка это изображено вертикальной линией от 0 до 100%, вытянутой вдоль вертикальной оси. При более мощном дожде такое же сплывание, повидимому, будет иметь место и для более крупных комков. Значительное сплывание показала и юрская глина, комочки которой от 3 мм и крупнее еще содержали после дождевания некоторое количество комочков исходного размера. Все же остальные аггрегаты показали резкое сплывание, правда, с выделением очень незначительного количества распыленных частиц. Таким образом, и солонец, и юрская глина в природных условиях склонны сплываться в глыбы.

На образцы чернозема дождевание оказало, наоборот, распыляющее действие, причем оно по-разному выразилось при дождевании целинного и старопахотного чернозема. В образцах, выделенных из старопахотного чернозема, после их дождевания, осталось около 40—60% комочков исходного размера. Остальная масса образца перешла в комочки более мелкого размера, и лишь незначительная часть сплылась в более крупные комки. В образцах целинного чернозема после дождевания сохранилось от 50 до 90% комочков исходного размера, сплывания в более крупные комки почти не было (об этом свидетельствуют нули, обильно украшающие верхнюю часть табл. 1), и некоторая доля комочков размылась до более мелких аггрегатов. Только распыленная часть почти полностью сплылась, но содержание ее в исходной почве весьма невелико — 3.3%. Таким образом, оба образца чер-

Таблица 1

Результаты испытания комочков различных почв дождеванием (в %)

Размер комочков после опыта	Размер комочков до опыта в мм															
	10—7	7—5	5—3	3—2	2—1	1—0.5	0.5—0.25	< 0.25	10—7	7—5	5—3	3—2	2—1	1—0.5	0.5—0.25	< 0.25
	Подзолистая почва								Почва зернистой поймы							
> 7	**56.4**	**50.3**	**60.6**	**66.0**	**52.9**	**57.2**	**50.6**	**81.8**	**74.3**	**49.6**	14.9	22.6	**39.3**	**43.3**	**52 8**	**89.6**
7—5	12.5	17.8	8.3	5.5	8.6	5.7	5.1	4.8	2.5	34.4	7.3	4.6	2.6	2.2	6.2	2.7
5—3	9.4	**13.7**	15.5	7.2	7.4	6.5	7.2	2.3	6.1	5.0	**53.6**	14.6	6.8	7.3	4.7	1.9
3—2	3.6	4.4	3.3	5.3	3.7	2.4	2.3	1.6	4.2	4.3	7.1	**39.3**	5.7	4.3	1.9	0.9
2—1	5.7	5.5	5.0	6.7	14.4	4.6	3.4	2.5	6.5	8.1	9.1	11.0	**37.5**	11.6	5.5	0.6
1—0.5	5.6	2.0	1.5	2.2	4.0	7.7	23.7	0.6	1.7	2.2	2.1	2.0	3.1	23.4	5.8	0.3
0.5—0.25	4.0	3.7	3.3	4.3	5.4	12.3	1.6	1.5	2.7	3.4	3.5	3.6	3.0	5.8	21.0	0.8
< 0.25	2.8	2.6	2.5	2.8	3.6	3.6	6.1	4.9	2.0	2.0	2.4	2.3	2.0	2.1	2.1	3.2
	Солонец								Юрская глина							
> 7	**72.1**	24.5	27.8	**37.9**	**84.4**	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**93.9**	**46.4**	**40.5**	**88.5**	**50.2**	**92.6**	**99.1**	**100.0**
7—5	11.1	**42.0**	8.6	7.1	0	0	0	0	0.5	**39.9**	10.7	1.6	8.2	0	0	0
5—3	9.3	22.9	**51.7**	16.0	3.7	0	0	0	2.1	8.7	**36.4**	1.9	13.4	2.3	0	0
3—2	2.6	3.5	4.5	**31.1**	4.0	0	0	0	0.8	1.2	7.0	2.0	17.7		0	0
2—1	3.5	5.0	5.5	5.6	6.8	0	0	0	1.2	1.4	3.1	4.3	7.6	2.0		0
1—0.5	0.5	0.9	1.0	1.3		0	0	0	0.7	0.8	0.7	0.7	0.8	1.6	0.9	0
0.5—0.25	0.9	0.7	0.9	1.0	1.1	0	0	0	0.8	0.9	0.9	1.0	1.2	1.5		0
< 0.25		0.5				0	0	0		0.7	0.7		0.9			0
	Чернозем (старопашка)								Чернозем (целина)							
> 7	**53.2**	7.9	2.7	0	0	0	0	8.8	**69.5**	0	0	0	0	0	16.1	**92.1**
7—5	7.4	**35.6**	6.7	0	0	0.7	0	9.5	7.9	**74.4**	2.1	0	0	0	3.4	0
5—3	6.2	14.2	**37.4**	11.4	1.2	1.2	1.6	7.7	8.8	17.7	**90.7**	0	0	2.3	3.4	1.5
3—2	3.3	5.9	10.4	**43.4**	2.9	1.0	1.2	4.8	3.9	2.4	3.9	**86.7**	0	2.2	1.3	1.0
2—1	9.8	12.9	15.9	18.7	**67.2**	13.1	2.9	4.4	5.6	3.0	1.9	10.6	**91.3**	35.3	5.3	0
1—0.5	3.7	5.1	5.5	5.3	9.3	31.2	3.1	1.2	1.4	0.9	0	0.9	3.4	**48.6**	11.4	0.9
0.5—0.25	8.0	11.9	13.3	13.1	11.5	**42.7**	**76.7**	**16.1**	1.8	1.6	1.4	1.0	3.3	8.9	**55.4**	0
< 0.25	8.4	6.5	8.1	8.1	7.9	10.1	14.5	**47.5**	1.1	0	0	0.8	2.0	2.7	3.7	4.5

нозема оказались весьма водостойкими (что выразилось на диаграммах зубцами кривых), хотя старопашка значительно сильнее распылялась под влиянием «дождя».

Таблица 2

Суммарная характеристика водостойкости, сплываемости и распыляемости целинного и старопахотного чернозема

(Каменно-Степной опытной станции)

Размеры исходных комочков	Размеры комочков до дождевания	Размеры комочков после дождевания			Сплываемость	Водостойкость	Распыляемость
		крупнее	того же размера	мельче			
		Целинный чернозем в %					
10—7	23.0	—	69.5	30.5	—	16.0	7.0
7—5	11.5	0	74.4	25.6	0	8.9	2.6
5—3	22.3	2.1	90.7	7.2	0.5	20.2	1.6
3—2	14.0	0	86.7	13.3	0	12.3	1.7
2—1	17.0	0	91.3	8.7	0	15.5	1.5
1—0.5	3.9	39.8	48.6	11.6	1.6	1.9	0.4
0.5—0.25	5.0	40.9	55.4	3.7	2.0	2.8	0.2
< 0.25	3.3	95.5	4.5	—	3.1	0.2	—
Вся почва	100.0	—	—	—	7.2	77.6	15.2
		Старопахотный чернозем в %					
10—7	19.6	—	53.2	46.8	—	10.4	9.2
7—5	5.6	7.9	35.6	56.5	0.4	2.0	3.2
5—3	8.7	9.4	37.4	53.2	0.8	3.3	4.6
3—2	7.1	11.4	43.4	45.2	0.8	3.1	3.2
2—1	20.4	4.1	67.2	28.7	0.8	13.7	5.9
1—0.5	15.4	16.0	31.2	52.8	2.5	4.8	8.1
0.5—0.25	8.9	8.8	76.7	14.5	0.8	6.8	1.3
< 0.25	14.3	52.5	47.5	—	7.5	6.8	—
Вся почва	100.0	—	—	—	13.6	44.1	42.3

В табл. 2 для двух последних образцов приведена полная характеристика водостойкости аггрегатов. В этой таблице первый столбик для каждого образца представляет результаты сухого рассеивания на ситах исходных образцов. Третий столбик — количество аггрегатов того же размера, что и исходная фракция, сохранившихся после дождевания, просыхания и кропления (сбрасывания) образца. Второй и четвертый столбики — соответственно количество комочков крупнее (сплывшихся) и мельче (распылившихся) исходного размера аггрегатов. Пятый, шестой и седьмой столбцы уже дают соответственно сплываемость, водостойкость и распыляемость каждой фракции аггрегатов по отношению ко всей почве. Числа этих столбцов выражают процент сплывшихся, водостойких и распылившихся комочков того или иного размера по отношению ко всей почве. Затем данные каждого столбца сложили и получили суммарную характеристику сплываемости, водостойкости и распыляемости почвенного образца. Водостойкость целинного чернозема оказалась равной 77.6%. Лишь 14.2% почвенных аггрегатов распылилось. У старопахотного чернозема сохранилось после дождевания

лишь 44.1%, т. е. меньше половины, и почти такое же количество аггрегатов — 42.3% — распылилось под действием «дождя».

Такой способ характеристики водостойкости почв и грунтов можно назвать дробным дождеванием. Этот метод можно применять в работах опытных станций, опытных полей, хат-лабораторий для характеристики аггрегированности и водостойкости аггрегатов разных полей севооборота, учета влияния различных агротехнических мероприятий и удобрений на структуру почвы и т. д. Для дождевания в каждом отдельном случае необходимо применять «дождь» такой интенсивности и в таком количестве, которые были бы, по возможности, близки к местным климатическим условиям. Если представится возможность, то испытание можно провести и под естественным дождем.

В случае необходимости охарактеризовать аггрегированность и водостойкость большого количества почвенных образцов можно с успехом применить простое дождевание. Для этого исходный образец подвергают сухому рассеиванию на фракции и величину каждой фракции определяют в процентах от веса образца. Затем из отдельных фракций составляют типичный образец весом в 100 или 50 г (для этого в первом случае из каждой фракции аггрегатов берут столько грамм, каково процентное содержание этой фракции во всей почве, а во втором случае число грамм уменьшается вдвое), который, будучи насыпан в кольцо, как описано ранее, двухсантиметровым слоем, подвергается дождеванию. «Дождь» должен быть, по возможности, близок по своим свойствам к дождям того района, откуда взят образец. Подсохший образец крошат (сбрасыванием с метровой высоты) и рассеиванием определяют новое содержание аггрегатов различного размера. Повышение процентного содержания в образце после дождевания крупных комочков даст характеристику сплываемости образца, а данные для мелких комочков и пыли — о распыляемости образца под влиянием «дождя». Количество сохранившихся комочков даст характеристику водостойкости почвы.

Простое дождевание может также быть использовано для установления безопасного предела крошения почвы при обработке. Пределом безопасного крошения для каждой почвы является такое ее состояние раскрошенности, при котором средний по мощности для данной местности дождь еще не приводит к ее сплыванию.

При проведении этих анализов следует для получения в различных лабораториях сравнимых данных употреблять одинаковый по составу набор сит. Мы предлагаем в качестве стандарта обычные и наиболее часто встречающиеся, ранее указанные размеры отверстий в ситах: 10, 7, 5, 3, 2, 1, 0.5 и 0.25 мм.

ВЫВОДЫ

1. Существующие методы анализа почвенной структуры обладают тем недостатком, что при их проведении почвенный образец обрабатывается огромным количеством воды, что в природных условиях почти никогда не имеет места.

2. Так как основным природным явлением, разрушающим структуру почвы и ее сложение, является выпадение осадков, предложено испытывать водостойкость почвенной структуры дождеванием. Метод дождевания даст возможность также судить о сплываемости почвы.

3. Проведенные методом дождевания анализы показали, что при «дожде» в 10 мм почвенные комочки солонца (гор. В) размером 2—3 мм и более мелкие плотно сплывались в сплошную массу, а почвенные комочки пахотного слоя подзолистой почвы сплывались на 50—60% с одновременным распылением части почвы. Суммарная водостойкость целинного и старопахотного чернозема равнялась соответственно 78% и 44%.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

СБОРНИК ПАМЯТИ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

Н. Н. НИКОЛЬСКИЙ

КАФЕДРА ПОЧВОВЕДЕНИЯ ТСХА

К ВОПРОСУ О СТРОЕНИИ ПОЧВЕННЫХ АГГРЕГАТОВ

Работникам в области почвоведения и земледелия хорошо известно значение почвенной структуры. Высокий урожай растений зависит от одновременного и в достаточной степени обеспеченного поступления в растение воды и пищи. Наиболее полно эти условия осуществляются в структурной почве. Отсюда большая потребность как у научных работников, так и у практиков сельскохозяйственного производства, в теоретическом освещении вопросов образования и разрушения структуры.

Теория структурообразования наиболее полно разработана В. Р. Вильямсом. Он объяснил причины, вызывающие образование и разрушение структуры под влиянием природных факторов и воздействия человека. Он наметил также комплекс агротехнических приемов по улучшению структуры почвы в травопольной системе земледелия.

По Вильямсу, дерновый процесс, особенно его луговая стадия, обусловливает образование прочной структуры, но последняя не стабильна на века; под влиянием ряда причин — различных приемов обработки почвы, аэробного микробиологического процесса, действия одновалентных катионов и пр. — она разрушается. Отсюда одной из существенных задач в области сельского хозяйства следует считать применение таких агрономических мероприятий, которые, во-первых, способствуют сохранению существующей структуры, и, во-вторых, восстанавливают уже разрушенную.

Мы в своих исследованиях структурного состояния почвы исходили из учения Вильямса, причем полученные нами экспериментальные данные подтверждают ряд высказанных им теоретических положений.

В данной статье приводятся полученные нами результаты изучения строения почвенного аггрегата.

В качестве объектов исследований были взяты обыкновенные черноземы Каменной Степи и дерново-подзолистые почвы Московской области.

Наблюдения сперва велись в лупы с различным увеличением, а затем под микроскопом с увеличением до 600 раз.

НАБЛЮДЕНИЯ В ЛУПУ

Наблюдения производились над структурными отдельностями чернозема (целина, чернозем из-под леса, чернозем старопашки) и дерново-подзолистых почв. На черноземах во всех случаях исследовали верхний горизонт 0 — 20 см, 0—30 см. Почву брали в больших комках от 2 до 20 см в диаметре. Была поставлена задача — изучить расположение аггрегатов в крупных кусках почвы.

Целинный чернозем весь сформирован из аггрегатов в 2—3 мм в диаметре. Все аггрегаты — с резко очерченными гранями, часто кубовидной формы и, примерно, одинаковой величины. Они пронизаны многочислен-

ными корнями трав. Аггрегаты в одних образцах тесно присоединяются друг к другу, в других — более обособлены; они довольно рыхло соединены между собою органическим веществом. Аггрегаты отделяются друг от друга свободно и при этом не разрушаются. На поверхности по граням комков заметны отдельные крупинки механических элементов, повидимому, кварца. Полученные нами данные механического состава и микроскопические наблюдения показали, что эти механические элементы имеют диаметр крупнее 0.05 мм, преимущественно около 0.1 мм. Они в большинстве случаев не связаны перегноем и находятся в свободном состоянии.

Чернозем из-под леса. В исследованном куске почвы диаметром в 10 см масса более мелкозернистая, чем под целиной; аггрегаты различной величины. Часть из них по размерам и форме одинакова с черноземом целины и как будто представляет собой остатки целинной степи. Значительная часть почвы состоит из потерявших былую форму аггрегатов, распавшихся на более мелкие комочки. Масса темного цвета, несколько слипшаяся и производит впечатление промытой водой или каким-либо раствором.

Песчинок заметно значительно больше, нежели на целине.

В крупных образцах чернозем из-под леса имеет значительно более рыхлое строение, нежели чернозем целины. Аггрегаты свободно отделяются друг от друга, наблюдается большое количество корней травяной и древесной растительности. После просеивания через сита размер отдельных аггрегатов в каждой фракции больше, нежели на целине, но при рассматривании в лупу видно, что каждый аггрегат как бы промыт раствором и склеен из более мелких.

Чернозем старопашки в большом куске почвы отличается более плотным сложением, нежели чернозем целины, значительно меньшим количеством остатков корней и еще большей мелкозернистостью по сравнению с черноземом из-под леса. Здесь менее ясно выражены структурные отдельности, характерные для целины, некоторые аггрегаты как бы слеплены между собою при помощи плотной массы органического вещества. На отдельных глыбах совершенно ясно выражена слоистость, не наблюдающаяся у чернозема целины и из-под леса. Окраска темная с сероватым оттенком. Большое количество кварцевых зерен.

Крупных аггрегатов, подобных обнаруженным на целине, как указано выше, встречается значительно меньше. Их остатки как бы изъедены, разрушены и превратились в чрезвычайно мелкую, зернистую, почти слипшуюся массу.

В структурных частицах черноземов, вне зависимости от угодья, совершенно не заметно обособленных мелких пылеватых механических элементов.

При рассмотрении в лупу отдельных, отсеянных на ситах, аггрегатов со всех угодий наблюдается сложное их строение: более крупные аггрегаты состоят из скопления более мелких.

ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫЕ ПОЧВЫ

Для исследования были взяты средние и слабо подзолистые тяжелые пылеватые суглинки Московской области, из-под смеси многолетних трав 2-го года пользования и со старопашки. Почва рассматривалась в лупу. Глубина образцов 0—20 см. Часть материала была взята из рудякового горизонта в крупных комках.

Сполля из-под многолетних трав почва представляет собою довольно рыхлую массу. Заметно образование значительного количества отдельных аггрегатов на общем фоне распыленности и бесструктурности.

Вся масса комка почвы покрыта с поверхности и на срезах песчано-пылеватыми механическими элементами. Структуры, типичной для черноземов, где мелкие песчано-пылеватые частички склеены органическим веществом и не заметны в лупу, на дерново-подзолистых почвах почти не наблюдается.

Строение, аналогичное черноземам, мы встречаем только в аггрегатах из-под луговой целинной дернины, где количество органического вещества (гумус по Кнопу) составляет 3%.

В почве из-под клевера с тимофеевкой образование отдельных аггрегатов совершенно ясно заметно, но они разобщены массой мелких минеральных частиц, очень слабо проклеенных органическим веществом.

Старопашка дерново-подзолистых почв еще более плотна и глыбиста. Она состоит из мельчайших зерен, содержит малое количество крупных аггрегатов, на отдельных комках ясно выражена слоистость, тогда как в почвах из-под многолетних трав слоистость представляет собой более редкое явление. Наблюдается масса песчано-пылеватых механических элементов, слабо связанных клеющим веществом почвы.

Почва рудякового горизонта состоит из призмовидных образований, легко отделяющихся друг от друга. Поверхность последних как бы отполирована и покрыта пропитывающей комочек почвы кремневой кислотой и полуторными окислами. При более сильном увеличении заметно бо́льшее количество песчано-пылеватых механических элементов и ясно выраженная слоистость. Слои плотно прилегают друг к другу, комочек как бы сланцеват. В аггрегатах имеется значительное количество крупных пор.

НАБЛЮДЕНИЯ ПОД МИКРОСКОПОМ

Под микроскопом велись наблюдения при увеличении в 50, 200, 300 и 600 раз. В окуляр была вставлена стеклянная пластинка с нанесенной на ней сеткой, каждая сторона которой равнялась 0.09 мм. Иногда применялась объективная пластинка с делениями в 0.01 мм. Рассматривались аггрегаты с сита в 0.25 мм в диаметре чернозема целины и из-под леса Каменной Степи.

Преобладающая форма аггрегатов — округлая с равными приблизительно диаметрами по трем перпендикулярным направлениям. Диаметр аггрегатов в среднем равен 0.36 мм, наименьший 0.27, максимальный в каком-либо одном направлении при вытянутой форме аггрегата 0.9 мм. Площадь, занимаемая аггрегатом, в среднем равняется 0.12—0.13 мм^2, максимальная 0.49 мм^2.

Отдельные аггрегаты растирали в сухом и влажном состоянии между пальцами и в агатовой ступке. Полученную распыленную массу рассматривали в микроскоп. Цель растирания заключалась в том, чтобы освободить поверхность механических элементов, находящихся в аггрегате, от склеивающего их органического вещества. Отчасти это удавалось сделать. Ряд крупных и мелких обломков минералов становился прозрачным с блестящей поверхностью, часть же сохраняла незначительное количество органического вещества, и в этом случае можно было изучать прикрепление органических остатков и перегноя к кусочкам породы. Многие отдельные части аггрегата сохранялись в виде микроаггрегатов. В этом последнем случае изучался их размер.

РАЗМЕР МИКРОАГГРЕГАТОВ И МЕХАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ. СТРОЕНИЕ АГГРЕГАТОВ

Образующиеся в результате измельчения комочка почвы в 0.25 мм микроаггрегаты имеют различный диаметр. Наиболее мелкие из них, еще сохранившие резко очерченные грани и часто встречающиеся, имеют диаметр 0.045 мм. Гораздо реже попадаются микроаггрегаты диаметром в 0.03 мм. В большом количестве находятся микроаггрегаты в 0.09—0.1 мм.

Механические элементы, замеченные в микроскоп, имеют размер 0.01 до 0.1 мм; последние наблюдаются редко.

Поверхность механических элементов покрыта тонким слоем органического вещества, имеющего, на первый взгляд, ажурно-лучистое, а при более детальном рассмотрении — клетчатое строение. При многократном наблюдении удалось установить, что это органическое вещество состоит из обрывков мельчайших корешков.

Ряд препаратов показал характер соединения механических элементов в аггрегате. В микроаггрегатах, составляющих аггрегат, имеются механические элементы различного диаметра, преимущественно порядка 0.01 до 0.05 мм. Более крупные механические элементы покрыты каким-то налетом, повидимому минеральных окислов, так как от действия крепкой и 20% серной кислоты поверхность их становится совершенно блестящей. К поверхности механического элемента прикрепляется тончайший корешок растения, часто соединяя между собой два или несколько более крупных зерен минеральной породы, находящихся в аггрегате. От корешка, ближе к его концу, местами отходят еще более тонкие волоски, на концах которых образуются шаровидные скопления черного органического вещества — перегноя. Здесь-то, в зоне активной деятельности корня, повидимому, и развивается максимальная микробиологическая деятельность, в результате которой начинает формироваться, еще в зачаточном состоянии, маленький аггрегат. Если обработать эту массу сильным окислителем, например марганцевокислым калием в присутствии серной кислоты, то органическое вещество (перегной) окисляется, и тогда оказывается, что перегной скреплял мелкие механические элементы, повидимому, зерна кварца диаметром в 0.01 мм. После окисления органического вещества эти кварцевые зерна остаются в виде скопления блестящих, прозрачных крупинок. Корешок, скрепляющий более крупные механические элементы, в результате окисления не разрушается, а всплывает на поверхность жидкости, хотя в некоторых случаях наблюдалось исчезновение более тонких волосков. Самый перегной, т. е. черное органическое вещество, находящееся на концах волосков, полностью исчезает, по нашему мнению, в результате окисления.

При окислении органического вещества почвы часто выделяется большое количество семян, повидимому, сорняков с летучками; на них не действует окислитель, они всплывают на поверхность жидкости.

Семена с летучками наблюдались в почве из-под леса.

ВЫВОДЫ ИЗ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ

Целинные черноземные почвы Каменной Степи с водоразделов, обладающие весьма прочными структурными отдельностями, являющиеся как бы эталоном наиболее прочной структуры почв, показывают, что к факторам, обусловливающим прочность аггрегатов, необходимо отнести корни живых растений и растительные неразложившиеся остатки.

Корни многолетних трав присоединяются наиболее тонкими своими частями к механическим элементам почв и скрепляют их между собой. В зоне развития корневых волосков вероятно идет усиленная микробиологическая деятельность; здесь формируются зачатки аггрегатов — перегной склеивает пылеватые механические элементы между собой (см. схему).

В результате накопления перегноя и адсорбции последним иона кальция образуется прочная водостойкая масса, которая под влиянием давления корней, колебания температуры и других факторов растрескивается, образуя изучаемые нами аггрегаты крупнее 0.25 мм в диаметре.

Аггрегат и после отмирания живого корня имеет еще достаточную защиту от распадения в виде неразложившихся остатков корешков, связывающих между собой механические элементы аггрегата и водопрочного перегноя. Только после полного разложения растительных остатков и замены поглощенного кальция в перегное одновалентными катионами прочность

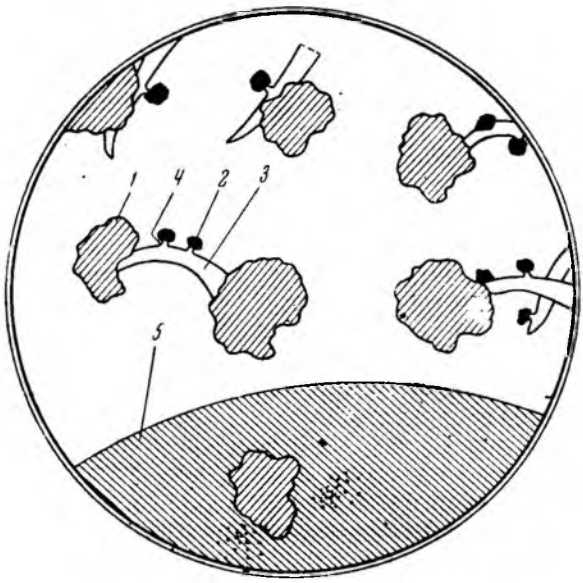


Схема соединения отдельных частей почвенного аггрегата чернозема Каменной Степи.

1 — механический элемент; *2* — скопление пылеватых механических элементов, склеенных перегноем; *3* — неразложившийся остаток корешка; *4* — корневой волосок; *5* — распад пылеватых механических элементов после окисления органического вещества.

структуры падает, аггрегаты разрушаются, и получается плотная масса глыб, которая в незначительном количестве встречается на старопашке и максимально выражена в солонцеватых почвах.

СТРОЕНИЕ АГГРЕГАТОВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ. НАБЛЮДЕНИЯ ПОД МИКРОСКОПОМ

В дерново-подзолистых почвах строение аггрегата сходно со строением структурных отдельностей черноземов в том отношении, что механические элементы, входящие в состав аггрегата, также нередко связаны с тонкими корешками. Последние имеют волоски, на которых образуется скопление органического вещества, а после окисления выделяются мельчайшие зерна кварца.

Однако в строении аггрегатов дерново-подзолистых почв есть и свои особенности. Большинство крупных аггрегатов состоит из отдельных механических элементов, не связанных в микроаггрегаты. Это явление слабее выражено у почв, развивающихся на пылеватых суглинках, где микроаггрегатность еще наблюдается довольно ясно, и значительно сильнее на легких песчаных суглинках, в которых преобладают свободные обломки пород и минералов часто довольно значительного размера. Так, у аггрегата в 1 мм в диаметре встречаются минеральные зерна в 0.45 мм в диаметре.

Есть и еще одна особенность в анатомии аггрегатов дерново-подзолистых почв легкого механического состава. Нам пришлось наблюдать скопление

кремневой кислоты, повидимому натечного образования, совершенно передающее строение тонкого корешка и волосков.

Этот окремнезеванный корень или полоска кремневой кислоты, образовавшиеся путем выпадения из раствора, передвигающегося по ходу перегнившего корня, имели присоединенные прямо к поверхности скопления мельчайших частиц кремневой кислоты в виде гроздьев, напоминающих виноград. Последние под действием серной кислоты стали отделять гроздья мельчайших зерен кварца — они отходили от стержня, передающего строение корешка, компактной массой. После прибавления окислителя сильные толчки газа погнали мнимый корешок, и он рассыпался на мелкие скопления кварцевых зерен, а эти последние, в свою очередь, передвигаясь, распадались на отдельные блестящие прозрачные зерна, уносимые течением газа в жидкости.

Окисления в данном случае не происходило. Окисление органического вещества связано, по нашим наблюдениям, с образованием пузырьков газа, которые возникают там, где был раньше перегной, после чего органическое вещество исчезает. В момент распадения окремнелого корня никакого выделения пузырьков газа не происходило, а замечалось только разделение на более мелкие просвечивающие зерна.

Таким образом, в дерново-подзолистых почвах недостаток органического вещества восполняется отложением по ходу корня кремневой кислоты или окременением оболочки корня, что несомненно понижает прочность связи между механическими элементами в аггрегате.

Неясны причины выпадения кремневой кислоты из раствора. По Зигмонди, кремневая кислота быстро выпадает в присутствии сернокислого алюминия, не образуя студенистого геля. Возможно, что в природных условиях какие-то соединения алюминия, например тот же сульфат или сложные образования с органическим веществом (порядка коллоидов, комплексных ионов, молекулярных растворов), также энергично действуют на золь кремневой кислоты. Во всяком случае, наличие таких окремнелых соединений нами точно установлено. Вполне вероятно, что слабая водопрочность многих аггрегатов дерново-подзолистых почв отчасти и объясняется заменой корневых остатков растений натечными формами SiO_2. Последняя в виде сухого геля обладает амикроскопическими порами, хорошо впитывает воду и легко распадается на мелкие зерна.

Наши наблюдения, производившиеся под руководством зав. кафедрой почвоведения ТСХА проф. В. П. Бушинского, подтверждают основные положения учения Вильямса о строении почвенных аггрегатов. Органическое вещество в виде перегноя, скоагулированное кальцием, и живые корни травяной растительности служат связывающим материалом механических элементов почвы в аггрегаты. Подобное скрепление минеральных частиц, осуществляющееся при помощи кремневой кислоты, в значительной степени понижает прочность структурных отдельностей почвы и не может способствовать образованию водопрочных аггрегатов.

Выполнению работы оказал содействие заведующий кафедрой физики ТСХА А. И. Шугар, которому мы приносим глубокую благодарность.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СБОРНИК ПАМЯТИ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

В. П. ТИМОФЕЕВ
КАФЕДРА ЛЕСОВОДСТВА ТСХА

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ЛЕСОНАСАЖДЕНИЙ НА ВЛАЖНОСТЬ ПОЧВЫ

«Лес, как могучий регулятор влажности почвы, должен быть непременным компонентом сельскохозяйственных угодий каждого района, каждой области, независимо от климатических и почвенных условий».

Акад. *В. Р. Вильямс*

Центральную часть учения акад. В. Р. Вильямса о подзолообразовательном процессе составляет утверждение наличия в лесу, на глубине 50—100 см, где залегает основная масса корневых окончаний древесных пород, относительно сухой прослойки почвы, обусловливающей два противоположных тока волосной воды. «*Главная масса деятельных корневых мочек лесных деревьев*, — говорит В. Р. Вильямс (1938), — *расположена на глубине* от 50 до 100 см. Очевидно, что к этому горизонту породы, беспрерывно в течение всего года иссушенному, и направляется два потока волосной воды: один сверху, *нисходящий*, другой снизу, *восходящий*» (курсив В. Р. Вильямса).

В целях конкретизации названных положений применительно к разным по составу, возрасту, морфологическим и экологическим особенностям древесных пород и насаждений нами в течение 1938 и 1939 гг. были проведены исследования влажности почвы по генетическим горизонтам на глубину до 130 см в средневозрастных и приспевающих сосновых, еловых, лиственничных, березовых и дубовых насаждениях Лесной опытной дачи Московской ордена Ленина сельскохозяйственной академии им. К. Тимирязева в Петровско-Разумовском. При этом мы исходили из общего положения, что в одних и тех же почвенно-климатических условиях влажность почвы за вегетационный период по генетическим горизонтам и на разных глубинах распространения корневых систем деревьев может служить показателем интенсивности потребления воды лесом. Зная глубину распространения корневых систем различных древесных пород в разные стадии их развития и влажность почвы в течение вегетационного периода на разных глубинах, можно судить о транспирации различных древесных пород. Это, в свою очередь, позволит решать важнейшие для лесного хозяйства вопросы о смешениях древесных пород и о густоте их культуры в разные возрасты и при разных смешениях.

Насаждения для исследования влажности почвы выбирались с учетом единства высоты над уровнем моря, рельефа и почвенно-грунтовых условий.

Рассмотрим изменение влажности почвы [1] по генетическим горизонтам в одновозрастных, приспевающих насаждениях лиственницы европейской

[1] Влажность почвы определяли обычным весовым методом. Образцы почвы брали в стеклянные с притертой пробкой стаканчики (бюксы) стамеской со стенок свежевырытой ямы с глубины: 0—5 см (горизонт A_0), 10—15 см (горизонт A_1), 25—30 см

(№ 1), сосны (№ 2), ели (№ 3), лиственницы сибирской (№ 4), березы (№ 5) и дуба (№ 6), расположенных в верхней части невысокого водораздельного холма с пологими скатами, в пределах горизонталей 175—170 м над уровнем Балтийского моря, в кварталах 7, 11 и 6.

Геологический состав материнских пород является результатом деятельности ледника и представлен мощным слоем (около 8 м) красной моренной, валунной глины, подстилаемой слоем желто-красного суглинка (около 5 м), под которым залегает песок. Грунтовые воды — на глубине 13—14 м от поверхности почвы и изолированы от поверхностных вод (Г. Р. Эйтинген, 1939). Почва — мощно (глубоко) дерновый подзолистый суглинок.

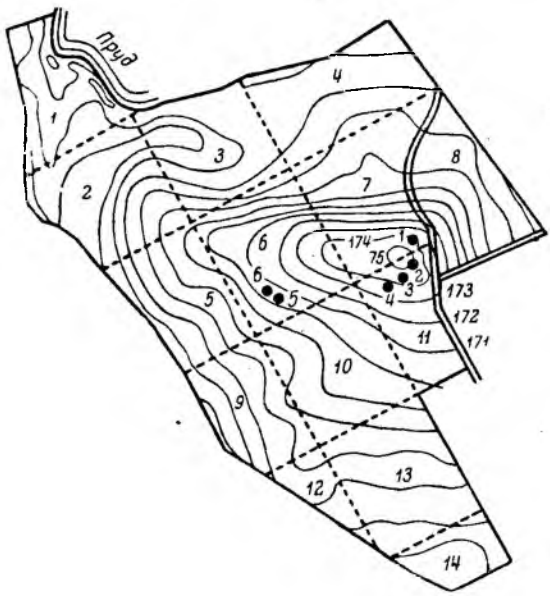


Рис. 1. Схематический план Лесной опытной дачи ТСХА.

Цифры в средине клеток обозначают № кварталов, черные кружки обозначают площадки почвенных ям, а цифры около них — № площадки.

Все шесть насаждений, в которых исследовалась влажность почвы, созданы посадкою в восьмидесятых годах прошлого столетия. Четыре первых — на месте бывшей пашни (в кварталах 7 и 11), два последних — на месте срубленного спелого осиново-березового леса (в квартале 6). Четыре первых насаждения смежны одно с другим, разделяясь только просеками. Два последних также смежны друг с другом, не имеют никаких разделяющих их границ. В каждом насаждении в середине участка, в типичной его части, на ровном месте закладывалась площадка для взятия почвенных образцов (4 ×6 м) и на ней почвенная яма глубиною 1 м 30 см. На фиг. 1 показано местонахождение площадок для взятия образцов почвы из почвенных ям. Расстояние между площадками 1 и 2—97 м, между площадками 2 и 3—61 м, между 3 и 4—25 м, между 4 и 5—360 м, между 5 и 6—18 м.

Таксационная характеристика насаждения лиственницы европейской в квартале 7, участок 24, пробная площадь II: 10 $Л_{евр.}$ 66 лет, единично во втором ярусе вяз и ель того же возраста; полнота 1.0; средний диаметр 38 см, средняя высота 28 м, запас 600 м³. Число деревьев на 1 га — 644 шт. Подрост отсутствует. Подлесок редкий из красной бузины. Травянистый покров отсутствует. Единично встречаются живучка ползучая (*Ajuga reptans* L.) и копытень (*Asarum europaeum* L.). Мертвый покров сильно развит (5 см), уплотненный, состоит из хвои, шишек, мелких сучьев, коры, чешуй. Высота над уровнем Балтийского моря 174 м. Легкий склон к северо-востоку (фиг. 2).

(горизонт A_2), 50 см (горизонт B_1) в трех повторностях и из той же ямы буравом с глубины 80 см (горизонт B_2), 100 см (горизонт C) и 130 см (горизонт C) в двух повторностях. Навеска почвы была принята 15—20 г. Стаканчики взвешивали через 2—3 часа после взятия образцов в лаборатории на технических весах с точностью до сотых грамма. Образцы высушивали в сушильном шкафу при температуре 105—110° в течение 7 часов, после чего, охлажденные в эксикаторе, взвешивали. По разнице в весе сырой и сухой почвы вычисляли процент ее влажности от сухого вещества почвы,

Насаждение образовано весною 1876 г. посадкою 4-летками лиственницы европейской (11.5%), ели (16.7%), дуба (11.8%) и вяза (60.0%), всего на 1 га 4025 шт. В течение жизни насаждения в нем вырубались только деревья усохшие, живые не рубились.

Почвенный профиль по горизонтам следующий:

Рис. 2. Лиственница европейская в возрасте 66 лет.

Полнота 0.9; средний диаметр 38 см, средняя высота 28 м. Лесная опытная дача ТСХА кв. 7, пробная площадь «П».

A_0 0—5 см — мертвый слежавшийся отпад из хвои и мелких сучьев, в нижней части полуразложившийся, слабо пропускающий воду;

A_1 5—32 см — темносерый, слабо уплотненный, комковатый, суглинистый;

A_2 32—53 см — белесый, слабоуплотненный, бесструктурный, суглинистый, встречаются валуны;

B_1 53—64 см — красноватый с белесыми подтеками, средней плотности, распадающийся на крупные глыбки, суглинистый;

B_2 64—82 см — красно-бурый, комковато-ореховатый, пористый, плотный, сильно опесчаненный, суглинистый;

C 82—130 см — красно-бурый, с ореховатыми отдельностями, пористый, плотный, опесчаненный, суглинистый.

Влажность почвы за 1938 и 1939 гг. по горизонтам приводится в табл. 1.

Основная масса корней лиственницы залегает в горизонтах A_2, B_1 и B_2 на глубине 25—80 см. Эти горизонты имеют наиболее низкую влажность почвы.

Таксационная характеристика соснового насаждения в квартале 11, участка 3, пробная площадь $Б^2$: 10С, 61 год; второй ярус из липы 56 лет; полнота 1.0; средний диаметр сосны 22.4, липы — 10.6 см; средняя высота 20 м, запас сосны 380 $м^3$, липы — 30 $м^3$, общий — 410 $м^3$. Число деревьев на 1 га 1001 шт. сосны и 887 шт. липы.

Влажность почвы в % от сухого ее ве

Генетические горизонты	Глубина в см	Сроки исследования в 1938 г.							
		7/VII	19/VII	28/VII	8/VIII	20/VIII	9/IX	1/X	25/X
A_0	0—5	25.3	10.2	12.1	12.2	17.5	12.8	5.7	12.0
A_1	10—15	7.3	6.9	8.4	8.3	6.7	6.7	4.1	2.3
A_2	25—30	5.3	5.8	4.1	8.8	2.8	4.0	3.5	1.4
B_1	50—52	4.8	6.4	9.5	11.1	6.3	4.7	1.8	1.8
B_2	80—82	6.6	6.3	9.1	11.2	7.6	9.4	3.9	1.6
C	100—102	9.8	9.6	8.7	11.3	7.6	9.6	1.7	1.6
C	130—132	—	—	—	—	—	—	—	—

Рис. 3. Сосна в возрасте 61 года со вторым ярусом липы.

Полнота 1.0; средний диаметр 22.5 см, средняя высота 20 м. Лесная опытная дача ТСХА, кв. 11, пробная площадь «Б».

Подрост отсутствует. Подлесок из одиночной красной бузины.

Травянистый покров редкий из желтого зеленчука (*Caleobdolon luteum* Huds), копытня, осоки волосистой (*Carex pilosa* Scop.) и звездчатки (*Stellaria holostea* L.). Мертвый покров (3 см) состоит из хвои, шишек, мелких сучьев, рыхлый.

Высота над уровнем Балтийского моря — 175 м (фиг. 2).

Насаждение образовано весной 1878 г. рядовой посадкой однолетней сосны. На 1 га было высажено 4700 сосен. Липа налетела позже от располо-

Таблица 1

щества (лиственница европейская 66 лет, квартал 7, пробная площадь II)

Ср ки исследования в 1939 г.										
18/IV	15/V	29/V	10/VII	23/VII	13/VIII	27/VIII	13/IX	2/X	3/XI	26/XI
28.4	52.7	51.5	37.7	8.5	41.6	19.9	89.9	34.7	38.5	23.7
37.5	23.5	20.4	11.1	5.9	9.7	7.2	7.2	4.8	9.3	13.7
39.2	15.0	17.6	6.7	8.4	4.0	3.9	3.8	4.0	5.1	7.5
44.4	12.3	9.8	4.2	4.5	7.8	7.1	10.7	7.0	6.8	9.4
42.9	19.2	11.6	12.2	5.3	8.6	9.8	9.4	10.7	7.6	9.7
—	10.5	8.4	10.5	10.2	12.1	9.3	9.1	7.8	3.2	7.5
—	10.3	8.7	6.4	11.9	9.2	5.3	5.2	9.1	4.5	5.4

женных вблизи старых (по преданию посаженных еще Петром I) лип. В насаждении вырубался только сухостой (Н. С. Нестеров, 1935).

Почвенный профиль по горизонтам следующий:

A_0 0—3 см — мертвый, рыхлый отпад из хвои, листьев и мелких сучьев сосны и липы;
A_1 4—21 см — бурый, рыхлый, мелкокомковатой структуры, суглинистый;
A_2 21—46 см — белесый, сильно пористый, в верхней части чешуйчато-листоватой, в нижней — пластинчатой структуры, со включениями орштейна, легкосуглинистый;
B_1 46—62 см — красно-бурый, плотный, комковато-ореховатой структуры, со включениями щебня и гравия, опесчаненный суглинок;
B_2 62—91 см — красно-бурый, очень плотный, распадающийся на ореховатые отдельности, опесчаненный суглинок;
C 91—130 см — красно-бурый, сильно опесчаненный суглинок.

Влажность почвы по горизонтам за 1938 и 1939 гг. приводится в табл. 2.

Основная масса корней у сосны, как и у лиственницы, залегает в горизонтах A_2, B_1 и B_2 на глубине 20—80 см. Эти горизонты имеют наименьшую влажность.

Таксационная характеристика елового насаждения в квартале 11, участок 2, пробная площадь А²: 10Е, 61 год; полнота 1.0, средний диаметр 20.4 см; средняя высота 21 м; запас 355 м³, число деревьев на 1 га 1348 шт.

Подрост отсутствует. Подлесок густой из красной бузины. Травянистый покров представлен единичными — кислицею (*Oxalis acetosella* L.), копытнем, осокой волосистой, майником (*Majanthemum bifolium* D. C.) и мхами. Мертвый покров развит (5 см), состоит из хвои, листьев, мелких сучьев.

Высота над уровнем Балтийского моря 174 м. Легкий склон к юго-западу (фиг. 4).

Насаждение образовано весной 1878 г. рядовой посадкой однолетней ели. На 1 га было высажено 4700 шт. В течение жизни насаждения в нем вырубался только сухостой (Н. С. Нестеров, 1935). В течение засушливого 1938 г. (с 1 мая 1938 г. по 1мая 1939 г.) на 1 га усохло ели 333 шт, или 24.7%, а в течение 1939 г. (с 1 мая 1939 г. по 15 июня 1940 г.) — 702 шт., или 61.0% количества ее на 1 мая 1938 г.

Почвенный профиль по горизонтам следующий:

A_0 0—5 см — темно-бурый, рыхлый войлок из еловой хвои, шишек и мелких сучьев;
A_1 5—23 см — бурый (в сухом состоянии светло-бурый) чешуйчатой и мелкокомковатой структуры, слегка уплотненный, суглинистый;
A_2 23—49 см — белесый, пластинчатой структуры, уплотненный, суглинистый;
B_1 49—70 см — неравномерно красно-бурый, бесструктурный, плотный, сцементированная супесь;
B_2 70—95 см — красно-бурый, ореховато-комковатой структуры, сильно опесчаненный суглинок;
C 96—130 см — красно-бурый опесчаненный суглинок.

Влажность почвы в % от сухого ее вещества (сосна 61 года

Генетические горизонты	Глубина в см	Сроки исследования в 1938 г.							
		7/VII	19/VII	28/VII	8/VIII	20/VIII	9/IX	1/X	25/X
A_0	0—5	21.6	12.0	8.6	16.9	14.5	4.2	9.7	10.1
A_1	10—15	8.6	9.6	7.7	6.6	6.4	7.1	5.4	3.8
A_2	25—30	5.2	7.1	6.1	5.6	5.6	5.7	5.1	4.0
B_1	50—52	6.4	4.9	11.8	3.0	6.7	4.1	2.2	2.3
B_2	80—82	12.1	11.1	12.5	9.5	8.0	7.5	3.7	3.1
C	100—102	14.9	9.7	8.8	6.0	6.3	7.3	3.0	2.9
C	130—132	—	—	—	—	—	—	—	—

Рис. 4. Ель в возрасте 61 года.

Полнота 1.0; средний диаметр 20.4 см, средняя высота 25 м. Лесная опытная дача ТСХА, кв. 11, пробная площадь «А».

Влажность почвы по горизонтам за 1938 и 1939 гг. приводится в табл. 3.

Основная масса корней ели залегает в горизонтах A_1. A_2 и B_1 на глубине 15—60 см.

Вопреки установившимся представлениям, корневая система ели имеет большое количество вертикальных корней, идущих от горизонтальных корней (лап) на глубину свыше 2 м, как это видно из фото выкорчеванного пня ели, представленного на фиг. 5.

Таблица 2

со вторым ярусом липы, квартал 11, пробная площадь Б[2])

Сроки исследования в 1939 г.										
18/IV	19/V	29/V	10/VII	23/VII	13/VIII	27/VIII	13/IX	2/X	3/XI	26/XI
123.6	112.2	61.0	37.1	16.4	47.0	8.8	91.6	40.0	67.0	28.0
30.6	18.3	15.2	8.9	7.6	6.1	5.4	5.3	7.9	13.7	13.7
24.8	17.2	15.6	7.5	6.0	4.3	4.0	4.6	5.9	13.7	10.2
8.7	12.0	9.4	4.3	2.3	3.7	2.6	2.0	9.3	5.3	6.6
8.4	13.6	9.7	14.8	5.3	4.3	4.9	9.8	7.6	7.4	14.4
6.1	10.0	9.8	8.8	8.0	7.0	4.2	6.5	3.7	5.5	10.1
—	—	10.0	5.4	—	5.5	4.4	5.1	5.8	5.3	8.6

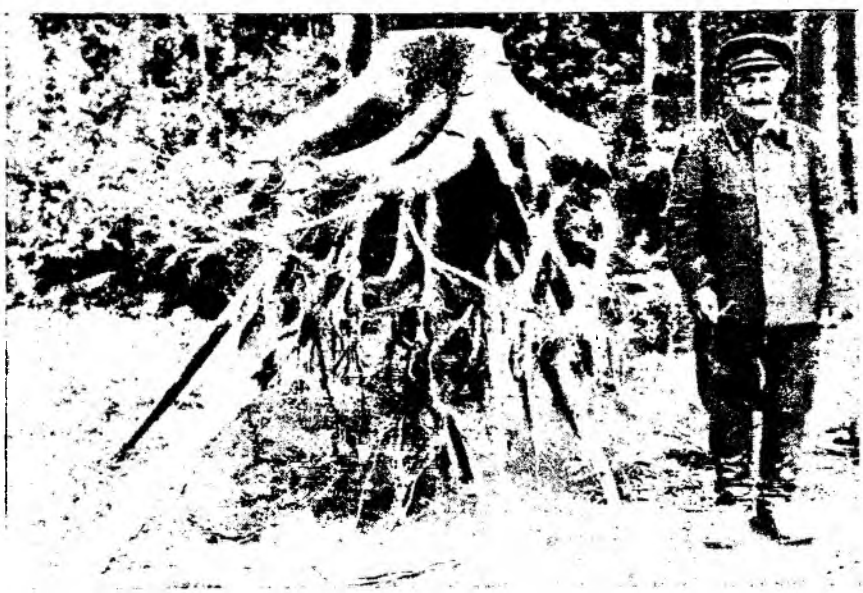


Рис. 5. Общий вид корневой системы выкорчеванного пня (диаметр 33 см) ели.

Длина центрального вертикального корня до места обрыва 1.65 см (при диаметре в этом месте 1 см). Число горизонтальных корней первого порядка (лап) 13 шт., вертикальных первого порядка — 27 шт. Диаметр самого толстого 9.5 см. Лесная опытная дача ТСХА, кв. 11, пробная площадь «А».

При помощи вертикальных корней ель использует воду значительной толщи почвы, а не только ее верхних горизонтов, как это часто утверждают. Наименьшая влажность почвы наблюдалась в горизонтах A_2 — B_1, на глубине около 50 см.

Таксационная характеристика насаждения лиственницы сибирской в квартале 11, участок 2, пробная площадь Г: 10Л сиб., 52 года; полнота 1.0; средний диаметр 24.5 см; средняя высота 23.5 м; запас 480 м^3. Число деревьев на 1 га 890 шт.

Подрост редкий из пихты, дуба, липы. Подлесок редкий из бузины красной, рябины и крушины. Травянистый покров редкий из копытня, земляники (*Fragaria vesca* L.) и осоки волосистой. Мертвый покров (3 см) из хвои, шишек, коры и мелких сучьев лиственницы, листьев дуба, липы и кустарников.

Высота над уровнем Балтийского моря 174 м. Легкий склон к юго-западу (фиг. 6).

Насаждение образовано посадкой одно-двухлетних сеянцев лиственницы в течение трех лет (1881, 1883 и 1885 гг.) с подсадкой в 1887 г. трехлеток. Всего на 1 га было высажено 4400 шт. В течение жизни насаждения в нем вырубался только сухостой (Н. С. Нестеров, 1935).

Почвенный профиль по горизонтам следующий:

A_0 0—3 см — бурый, слегка уплотненный отпад из хвои, шишек и листьев, коры и мелких сучьев лиственницы и лиственных;
A_1 3—20 см — бурый, мелкокомковатый, непрочной структуры, слегка уплотненный, со включениями ортштейна, суглинистый;
A_2 20—47 см — белесый, пластинчатой структуры, пористый, уплотненный, со включениями ортштейна, суглинистый;
B_1 47—60 см — переходный к B_2;
B_2 60—86 см — красно-бурый, комковато-ореховатой структуры, плотный, опесчаненный суглинок;
С 86—130 см — красно-бурый, ореховатой структуры, пористый, плотный, опесчаненный суглинок.

Влажность почвы по горизонтам за 1938 и 1939 гг. приводится в табл. 4.

Основная масса корней лиственницы сибирской залегает в горизонтах A_2 — B_2 на глубине 25—80 см.

Таксационная характеристика березового насаждения в квартале 6, участок 5-б, пробная площадь Э:10Б, единично С, 68 лет; редкий второй ярус из дуба; полнота 0.9, средний диаметр 19 см; средняя высота 18.5 м, запас древесины 280 м³. Число деревьев на 1 га — березы 1178 шт., дуба 492 шт.

Подрост редкий, из пихты, ели и дуба. Подлесок редкий, из лещины и крушины. Травянистый покров развит. Состоит из: живучки ползучей, земляники, вероники (*Veronica Chamaedris* L.). копытня, душистого колоска (*Anthoxanthum odoratum* L.), вейника лесного (*Calamagrostis silvatica* D. C.), щучки (*Aira caespitosa* L.), осоки волосистой, ожиги (*Luzula pilosa* L.), звездчатки большой, ежи обыкновенной (*Dactylis glomerata* L.) и др.; по микропонижениям — мхи (*Hylocomium triquetrum*, *Hypnum* и *Polytrichum*). Мертвый покров развит слабо. Состоит из полуразложившихся листьев березы и кустарников, а также остатков травянистого покрова, сильно переплетенных корнями и корневищами.

Высота над уровнем Балтийского моря 170 м. Легкий склон к западу (фиг. 7).

Насаждение образовано весной 1873 г. посадкой трех-четырехлетней березы в количестве на 1 га 8250 шт. В насаждении вырубался только сухостой (Н. С. Нестеров, 1935).

Почвенный профиль по горизонтам следующий:

A_0 0—2 см — дернина;
A_1 2—17 см — бурый, комковатой, книзу чешуйчатой структуры, пористый, рыхлый, со включениями ортштейна, легкосуглинистый;
A_2 17—39 см — белесый, пластинчатой структуры, сильно пористый, уплотненный, с ортштейновыми ржавыми пятнами, легкосуглинистый;
B_1 39—64 см — красно-бурый, комковатый, уплотненный, с ржавыми пятнами, супесчаный;
B_2 64—82 см — красно-бурый, бесструктурный, плотный, супесчаный;
С 82—130 см — желто-бурый, песчаный.

Влажность почвы по горизонтам за 1938 и 1939 гг. приводится в табл. 5.

Основная масса корней березы залегает в горизонтах A_2, B_1 и B_2 на глубине 30—70 см.

Таксационная характеристика дубового насаждения в квартале 6, участок 12, пробная площадь ѣ; 9Д, 1Б; 58 лет; полнота 0.9; средний диаметр 16 см; средняя высота 16 м; запас 180 м³. Число деревьев на 1 га: дуба 955 шт, березы 213 шт.

Рис. 6. Лиственница сибирская 52 лет.

Полнота 1.0; средний диаметр 24.5 см, средняя высота 23.5 м. Лесная опытная дача ТСХА, кв. 11, пробная площадь «Г».

Рис. 7. Береза в возрасте 68 лет.

Полнота 0.9; средний диаметр 19 см; средняя высота 18.5 м. Лесная опытная дача ТСХА, кв. 6, пробная площадь «Э».

Подрост средней густоты из пихты бальзамической (32 лет). Подлесок редкий из лещины и крушины. Травянистый покров развит. Состоит из копытня, ежи обыкновенной, осоки волосистой, вейника лесного, живучки и вороньего глаза (*Paris quadrifolia* L.). Мертвый покров слабо развит. Состоит из неразложившихся и полуразложившихся листьев и мелких сучьев дуба, березы, орешника. Высота над уровнем Балтийского моря 170 м. Легкий склон к западу. Насаждение образовано весной 1879 г. посадкою двух- четырехлетнего дуба в количестве 7600 шт. на 1 га.

Осенью 1880 г. дуб обрезан (посажен на пень) для образования низкоствольника. В 1892 и 1904 г. в порядке ухода за дубом в насаждении рубились береза и сосна. Дуб вырубался только сухой и умирающий (Н. С. Нестеров, 1935).

Почвенный профиль по горизонтам следующий:

A_0 0—3 см — дернина; сверху полуразложившиеся листья дуба;
A_1 3—22 см — темный, мелкокомковатый, распадающийся на комочки, легкосуглинистый;
A_2 22—54 см — темносерый, мелкокомковатый, пористый, с ортштейновыми зернами и камешками, суглинистый;
B 54—75 см — красно-бурый, ореховатый, плотный, опесчаненный суглинок;
C 75—130 см — красно-бурый, ореховатый, плотный, опесчаненный суглинок.

Влажность почвы по горизонтам за 1938 и 1939 гг. приводится в табл. 6.

Основная масса корней дуба залегает в гор A_2 и B на глубине 30—80 см.

Рассмотрение таблиц 1—6 позволяет сделать следующие выводы.

1. Наибольшую влажность почва имеет в лесу ранней весной, в момент и непосредственно после таяния снега, наименьшую — в конце вегетационного периода, в сентябре — октябре. С листопадом, понижением температуры воздуха, осенними дождями и уменьшенными транспирацией и испарением с поверхности почвы влажность почвы повышается.

Исследования влажности почвы акад. Г. Н. Высоцкого (1902, 1904, 1929, 1938) в Великом Анадоле, А. А. Измаильского (1894) в Полтавской обл., проф. Г. Ф. Морозова (1899, 1900, 1901) в Хреновском бору и в Шиновом лесу, П. К. Фальковского (1931, 1935) в Тростянецком лесничестве, Н. А. Качинского (1930) в Московской обл. привели их к таким же выводам.

2. Наибольшее колебание влажности за вегетационный период имеет место в надпочвенном слое лесной подстилки и дернины. В течение 1939 г. крайние выражения влажности надпочвенного слоя составили: в насаждении лиственницы европейской 8.5% (23 июля) и 90% (13 сентября), в сосняке с липовым ярусом 8.8% (27 августа) и 124% (18 апреля), в ельнике 9.5% (27 августа) и 111% (13 сентября), в насаждении лиственницы сибирской 7.0% (27 августа) и 78% (18 апреля), в березняке 3% (27 августа) и 78% (18 апреля) и дубняке 5% (27 августа) и 128.5% (18 апреля).

Влажность надпочвенного слоя обусловливается количеством и силою выпадающих осадков, температурою и влажностью воздуха и составом и мощностью подстилки и дернины. В засуху надпочвенный слой сильно пересыхает, а в дождливые периоды, при таянии снега, сильно впитывает и удерживает влагу.

3. Наименьшее колебание влажности почвы имеет место в горизонте C на глубине 100—130 см. В течение 1938 и 1939 гг. крайние выражения влажности на этой глубине составили: в насаждении лиственницы европейской 1.6% (25 октября 1938 г.) и 12% (23 июля 1939 г.), в сосняке 2.9% (25 октября 1938 г.) и 10% (15 мая 1939 г.), в ельнике 6% (27 августа 1939 г.) и 17% (18 апреля 1939 г.), в насаждении лиственницы сибирской 4% (25 октября 1938 г.) и 12% (28 июля 1938 г.), в березняке 4% (25 октября 1938 г.) и 15% (18 апреля 1939 г.) и дубняке 3% (25 октября 1938 г.) и 14% (8 августа 1938 г.).

4. За два вегетационных периода наименьшая влажность почвы во всех

Влажность почвы в % от сухого ее

Генетические горизонты	Глубина в см	Сроки исследования в 1938 г.							
		7/VII	19/VII	28/VII	8/VIII	20/VIII	9/IX	1/X	25/X
A_0	0—5	10.6	10.7	20.0	15.2	22.1	14.3	8.1	9.3
A_1	10—15	14.5	9.4	9.4	9.0	7.0	7.5	5.1	5.1
A_2	25—30	12.0	9.3	7.8	6.7	2.5	4.9	5.3	3.9
B_1	50—52	10.9	10.3	13.5	5.2	6.1	5.8	1.9	1.0
B_2	80—82	12.3	14.0	17.2	6.2	10.4	12.0	2.7	4.9
C	100—102	16.8	10.9	10.9	13.5	11.2	—	—	—
C	130—132	—	—	—	—	—	—	—	—

Влажность почвы в % от сухого вещества (лиственни

Генетические горизонты	Глубина в см	Сроки исследования в 1938 г.							
		7/VII	19/VII	28/VII	8/VIII	20/VIII	9/IX	1/X	25/X
A_0	0—5	11.2	8.8	11.5	8.7	7.8	5.3	8.1	6.0
A_1	10—15	8.9	7.9	8.5	8.8	7.3	7.0	5.9	6.1
A_2	25—30	4.6	8.9	6.0	5.6	4.7	6.6	4.1	3.8
B_1	50—52	12.0	7.2	8.4	3.4	4.4	5.6	1.5	4.9
B_2	80—82	8.8	6.5	11.0	10.3	7.4	9.5	4.8	2.0
C	100—102	8.3	—	11.5	9.8	13.9	7.7	4.0	4.0
C	130—132	—	—	—	—	—	—	—	—

Влажность почвы в % от сухого ее вещества

Генетические горизонты	Глубина в см	Сроки исследования в 1938 г.							
		7/VII	19/VII	28/VII	8/VIII	20/VIII	9/IX	1/X	25/X
A_0	0—5	8.7	18.0	9.1	6.1	5.6	2.9	8.2	9.8
A_1	10—15	6.4	6.2	6.4	5.7	6.6	4.9	2.3	7.0
A_2	25—30	6.0	4.3	4.0	5.0	3.9	4.8	1.6	3.5
B_1	50—52	2.3	6.2	3.1	3.1	2.0	2.2	1.3	1.4
B_2	80—82	14.5	12.4	11.0	9.8	7.2	12.3	4.7	5.4
C	100—102	5.7	10.2	7.1	11.2	8.1	12.9	6.4	4.0
C	130—132	—	—	—	—	—	—	—	—

исследованных насаждениях наблюдалась в октябре 1938 г. в горизонтах A_2 — B_1 на глубине 30—50 см и составляла в возрастающей последовательности: в ельнике 1.0% (25 октября), в березнике 1.3% (1 октября), в насаждении лиственницы европейской 1.4% (25 октября), в насаждении лиственницы сибирской 1.5% (11 октября), в дубняке 1.9% (25 октября) и в сосняке 2.2% (1 октября).

5. Наименьшая влажность почвы в 1939 г. наблюдалась на той же глубине (50 см) в следующей последовательности: в березняке 1.8% (3 октября), в сосняке 2% (13 сентября), в дубняке 2.9% (13 сентября), в насаждении

Таблица 3

вещества (ель 61 года, квартал 11, пробная площадь А²)

Сроки исследования в 1939 г.										
8/IV	15/V	29/V	10/VII	23/VII	13/VIII	27/VIII	13/IX	2/X	3/X	26/XI
96.7	90.3	67.0	93.7	17.4	55.0	9.5	110.6	81.5	51.0	106.5
27.2	25.3	23.7	20.1	13.6	13.8	7.5	9.6	10.8	20.2	23.9
27.6	17.3	20.2	12.3	12.0	8.7	8.1	7.1	8.7	17.5	19.2
15.7	14.0	13.7	15.7	7.3	5.8	5.9	4.2	3.7	8.5	9.9
9.4	13.5	10.6	12.6	12.4	15.5	5.2	5.1	7.5	9.9	12.5
17.0	14.5	10.5	11.0	10.0	10.4	11.2	7.8	7.6	11.3	11.9
—	—	9.9	11.5	7.8	8.2	6.2	8.3	9.9	10.2	9.9

Таблица 4

ца сибирская 52 лет, квартал 11, пробная площадь Г)

Сроки исследования в 1939 г.										
18/IV	15/V	29/V	10/VII	23/VII	13/VIII	27/VIII	13/IX	2/X	3/XI	26/XI
78.1	68.4	46.2	61.2	14.0	42.9	7.0	24.6	98.2	75.0	65.8
51.4	28.5	23.6	16.9	11.0	9.6	7.8	14.0	8.5	17.2	19.2
31.1	16.0	16.7	8.0	9.2	7.5	4.6	8.5	4.4	6.8	16.9
12.0	13.5	13.1	16.6	15.0	13.5	12.0	5.0	3.3	12.7	10.2
10.1	12.3	11.1	11.2	9.2	14.6	14.8	6.8	7.7	10.2	8.9
8.9	11.0	10.1	11.2	13.1	8.1	8.3	8.1	7.0	8.8	11.1
—	—	9.8	9.1	9.5	10.6	—	8.3	6.1	—	10.5

Таблица 5

(береза 68 лет, квартал 6, пробная площадь Э)

Сроки исследования в 1939 г.										
18/IV	15/V	29/V	10/VII	23/VII	13/VIII	27/VIII	13/IX	2/X	3/XI	26/XI
78.2	33.1	31.0	9.2	9.6	8.7	2.9	23.6	21.4	26.0	51.4
29.2	23.1	23.6	8.4	4.3	5.3	4.9	11.0	8.2	19.3	16.7
25.0	13.2	13.6	5.5	3.5	3.6	4.2	4.3	6.1	16.8	11.8
17.8	9.0	13.0	5.8	2.9	2.0	1.9	1.8	3.5	11.3	7.5
10.6	9.1	9.3	9.0	6.9	5.7	7.3	9.5	10.0	8.0	9.3
14.8	10.4	8.9	10.7	7.3	7.0	8.0	5.1	4.3	6.0	4.8
—	—	5.7	9.3	7.4	7.2	5.6	4.2	5.9	5.9	4.4

лиственницы сибирской 3.3% (2 октября), в ельнике 3.7% (2 октября). В насаждении лиственницы европейской наименьшая влажность почвы 3.2% (3 ноября) имела место на глубине 100 см.

Таким образом, наши двухлетние иследования влажности почвы подтверждают положение акад. В. Р. Вильямса (1938) о наличии в лесу в течение всего вегетационного периода относительно сухой прослойки почвы. Глубина залегания этой прослойки в зависимости от состава насаждений и особенностей корневых систем деревьев колеблется от 30 до 100 см.

6. Наименьшая влажность почвы во всех исследованных насаждениях

Влажность почвы в % от сухого ее вещества

Генетические горизонты	Глубина в см	Сроки исследования в 1938 г.							
		7/VII	19/VII	28/VII	8/VIII	20/VIII	9/IX	1/X	25/X
A_0	0—5	21.9	27.3	11.0	11.2	7.2	7.3	8.5	12.1
A_1	10—15	17.8	11.9	8.9	8.6	7.8	6.0	4.8	7.6
A_2	25—30	8.1	8.0	5.8	4.6	3.8	4.7	3.6	9.9
B	50—52	10.9	8.1	10.4	11.7	1.9	6.2	3.1	1.9
C	80—82	14.7	8.9	12.1	16.3	10.6	9.8	2.2	3.9
C	100—102	11.9	13.2	8.3	13.5	10.1	7.8	3.2	2.9
C	130—132	—	—	—	—	—	—	—	—

в 1938 г. была ниже двойной максимальной ее гигроскопичности, а в 1939 г. в одних насаждениях также ниже, в других — около двойной максимальной гигроскопичности.

7. Влажность почвы равная и ниже двойной максимальной ее гигроскопичности наблюдалась наиболее глубоко (100 см) в насаждениях лиственницы европейской (1.6%), сосны (2.9%), лиственницы сибирской (4.0%) и дуба (2.9%). В насаждениях ели и березы она не опускалась ниже 50—80 см. Еловые и березовые насаждения, таким образом, используют воду верхних горизонтов почвы в большей мере, чем лиственничные, сосновые и дубовые. В свою очередь, последние лучше используют воду нижних горизонтов почвы, чем первые. При закладке смешанных насаждений, а также при регулировании состава насаждений (рубками ухода) в процессе выращивания мы эту особенность использования воды разными породами должны учитывать.

8. Летние и осенние дожди не промачивают почву на всю исследованную глубину (130 см). За период июль—октябрь 1938 г. и апрель—ноябрь 1939 г. не было случая, чтобы наблюдалось просачивание воды в горизонт С. Ранее к таким же выводам пришел Н. А. Димо (1904) на основании своих исследований влажности почвы в Ново-Александрии б. Люблинской губ. «Ни разу, — пишет он, — мы не имели такого случая, когда какой-либо слой, кроме поверхностного, был бы увлажнен (летними осадками.— *В. Г.*) до состояния (полная влагоемкость), при котором возможен процесс прямого передвижения (просачивания) воды через всю почву до уровня грунтовых вод. Иначе говоря, ни одна капля дождя в летние месяцы путем просачивания не пошла на образование грунтовых вод».

9. Влажность почвы верхних горизонтов в значительной мере обусловливается строением и мощностью лесной подстилки. Плотная и мощная (4—6 см) подстилка чистых лиственничных насаждений задерживает летние дождевые осадки почти полностью, а осенние очень медленно пропускает в нижележащие горизонты. Рыхлая подстилка из опада хвои и листьев легко и быстро пропускает воду дождей.

Сдирание и рыхление плотной и мощной подстилки резко повышает влажность нижележащих верхних горизонтов почвы.

А. А. Измаильский (1894) и Т. Локоть (1904) в своих исследованиях влажности почвы пришли к таким же выводам.

10. При различном морфологическом строении и глубине распространения корней рассмотренных шести основных пород лесообразователей зоны смешанных лесов Европейской части СССР основная масса их корней залегает в одних и тех же почвенных горизонтах, на глубине 20—80 см.

Таблица 6

(дуб 58 лет, квартал 6, пробная площадь 7)

Сроки исследования в 1939 г.										
18/IV	15/V	29/V	10/VII	23/VII	13/VIII	27/VIII	13/IX	2/X	3/XI	26/XI
123.5	24.8	37.5	33.0	8.9	9.5	4.9	21.6	16.8	60.0	67.7
19.1	18.8	22.0	18.7	9.4	8.8	5.9	14.1	9.7	20.1	20.0
15.0	15.0	12.2	12.4	6.4	5.4	3.4	3.4	7.5	13.0	16.2
9.4	12.4	10.0	8.2	6.9	5.3	5.9	2.9	6.5	5.8	10.2
9.4	11.4	12.1	11.5	11.6	9.9	11.0	8.5	9.1	8.3	9.8
6.1	11.1	8.2	10.1	10.4	7.5	9.5	7.9	7.0	8.3	8.4
—	—	9.0	8.8	5.7	9.6	8.5	6.2	5.6	8.2	8.1

11. Пониженное против средних количество годовых и летних осадков вместе с повышенными годовыми и летними температурами и испарением в течение 1938 и 1939 гг. (атмосферная засуха) обусловили понижение влажности почвы в лесу до двойной максимальной гигроскопичности почвы и ниже (почвенная засуха), что, естественно, вызвало необычно высокое усыхание древесных пород, и особенно ели и березы. Наиболее сильно пострадали чистые, старые, очень густые, а также разреженные ельники. Процент отпада в них составил за 1938 и 1939 гг. от 50 до 95% стволов и запаса. При этом процесс усыхания ели продолжается еще и в 1940 г. Молодые и смешанные насаждения ели, как и других пород, перенесли засуху лучше. Наибольшую устойчивость против засухи проявили древесные породы и насаждения с глубокой корневой системой — дубовые, лиственничные и сосновые.

ЛИТЕРАТУРА

Вильямс В. Р. Почвоведение. Сельхозгиз, Москва, 1938.

Высоцкий Г. Н. Биологические, почвенные и фенологические наблюдения в Великом Анадоле. Тр. степ. оп. лесничеств, ч. I, II, 1901 г. и ч. III, 1902 г.

— О взаимных отношениях между лесной растительностью и влагою преимущественно в южнорусских степях. Тр. опытных лесничеств, 1904.

— Учение о лесной пертиненции. Сб. «Лесоведение и лесоводство», вып. 6, 1929.

Высоцкий Г. Н. О гидрологическом и метеорологическом влиянии лесов, Гослестехиздат, Москва, 1938.

Димо Н. А. К вопросу о влажности почв, Почвоведение, № 1, 1904.

Измаильский А. А. Влажность почвы и грунтовая вода в связи с рельефом местности и культурным состоянием поверхности почвы. Полтава, 1894.

Качинский Н. А. О влажности почвы и методах ее изучения. Сельхозгиз, 1930.

Локоть Т. Влажность почвы в связи с культурными и климатическими условиями. Киев, 1904.

Морозов Г. Ф. Влажность почвы и естественное возобновление сосны. Почвоведение, т. I, № 3, 1899.

— К вопросу о влажности лесной почвы. Почвоведение, т. II, № 2, 1900.

— К вопросу о влажности лесной почвы. Почвоведение, т. III, № 1, 1901.

Нестеров Н. С. Лесная опытная дача в Петровско-Разумовском. СХГ, 1935.

Фальковский П. К. Влажность почвы и круговорот воды под нагорными дубравами Тростянецкого оп. лесничества. Тр. НИИЛХ, вып. 8, 1931.

— Круговорот влаги в почве под влиянием леса. Почвоведение, № 4, 1935.

Эйтинген Г. Р. Сток воды в бассейне Лесной опытной дачи ТСХА. Лесное хозяйство, № 12, Москва, 1939.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

СБОРНИК ПАМЯТИ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

М. Г. РЫЖЕНКОВА

ПОЧВЕННО-АГРОНОМИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ ИМ. АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМС

ВОПРОСУ О СОЛЕВЫНОСЛИВОСТИ НЕКОТОРЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Сведения о солевыносливости различных сельскохозяйственных культур имеют важное научное и производственное значение, ибо засоленные почвы пользуются значительным распространением в ряде южных и юго-восточных областей СССР. В частности, почвы дельты Волги и ряда других рек Союза в большей или меньшей степени засолены, причем наиболее плодородные почвы ильменей наиболее подвержены засолению.

Вопросу об использовании засоленных земель акад. В. Р. Вильямс придавал большое значение. Это видно из того, что он в 1917 г. открыл подотдел изучения солонцов и засоленных земель юго-востока при Саратовском сельскохозяйственном институте под руководством своего ближайшего ученика — проф. В. П. Бушинского. Реорганизованный в дальнейшем в Институт засушливых областей подотдел изучения засоленных земель ставил одной из своих задач изучение солевыносливости сельскохозяйственных растений в целях использования в той или иной степени уже засоленных почв.

Подробный обзор литературного материала по солеустойчивости сельскохозяйственных культур имеется в работе В. А. Ковда.[1] Поэтому в настоящей работе ограничимся лишь изложением фактического материала по некоторым наименее освещенным в литературе культурам.

Для пополнения материала о солеустойчивости отдельных культур были собраны почвенные образцы из-под различных культур как в условиях нормального роста, так и при наличии угнетенного состояния растений, в различных участках дельты р. Волги в 1929 г. и на пойме р. Гуселки под Саратовом в 1921 г. Изучение засоленности почвы было проведено под следующими культурами: баклажаном, сорго, арбузом, тыквой, льном, кенафом и айвой. Во время взятия почвенных образцов отмечалось общее состояние культуры.[2]

Баклажаны можно считать среднесолеустойчивой культурой. Как видно из табл. 1, они вполне удовлетворительно развивались на аллювиальной суглинистой почве дельты р. Волги при общем засолении растворимыми в воде солями слоя почвы 0—60 см до 0.80%; при этом солей натрия и магния было 0.55% с преобладанием солей сернокислых над хлористыми. В этих условиях 25 августа средняя высота растений была отмечена в 45 см, на соседнем же участке с засолением в слое почвы 0—35 см — до 1.5% (с преобладанием хлористого натрия) культура баклажана имела угнетенный вид и была сильно изрежена.

[1] В. А. Ковда. Солонцы и солончаки. 1937.

[2] Работа выполнялась в 1921 г. в Солонцовом институте, а в 1929 г. в Институте засушливых областей под руководством проф. В. П. Бушинского, которому приношу благодарность.

Таблица 1

Результаты анализа водной вытяжки из почвы под нормально развитыми и угнетенными баклажанами
(в пересчете на соли в % на абсолютно сухую почву)

Местонахождение и состояние культуры	Срок наблюдений	Глубина в см	Механический состав	Сухой остаток	NaCl	Na_2SO_4	$MgSO_4$	$CaSO_4$	$CaCl_2$
Ильмень дельты р. Волги, с. Башмаковка.	27/VI—1929 г.	0—10	Ср. суглин.	0.314	0.052	0.055	0.039	0	Нет
		10—25	» »	0.670	0.114	0.088	0.087	0.264	»
		25—46	» »	1.210	0.230	0.442	0.177	0.264	»
Среднее развитие		46—55	» »	1.168	0.246	0.123	0.147	0.576	»
Там же. Угнетенное развитие, сильно изрежены	27/VI—1929 г.	0—13	» »	1.656	1.098	0.038	0	0.260	»
		13—35	» »	1.596	0.900	0.070	0.204	0.216	»
		35—58	Песок	1.092	0.623	0.017	0	0.340	»

Сорго, как показывают данные, приведенные в табл. 2, нормально развивалось при засолении слоя 0—50 см супесчаной почвы ильменя до 0.28%, причем 0.20% составляли хлористый натрий и сернокислый натрий и магний. В нижележащих горизонтах засоление было равно 0.70—0.87%, главным образом за счет сернокислого и хлористого натрия. При засолении верхних 50 см супесчано-суглинистой почвы до 0.9%, с содержанием 0.29% солей натрия и магния, сорго имело угнетенный вид; рост его был наполовину меньше роста нормально развитых экземпляров. Наблюдения над ростом сорго, проведенные еще раньше (в 1921 г.) на слоистой пойме р. Гуселки под г. Саратовом, дали следующий материал: сорго развивалось хорошо при общем засолении почвы в слое 0—30 см до 0.35%, из которых 0.22% состояли из солей натрия и магния с преобладанием сернокислого натрия. Сорго имело меньший рост при засолении в 0.56%, из которых 0.35% приходилось на долю солей натрия и магния также с преобладанием сернокислого натрия.

Таблица 2

Результаты анализа водной вытяжки из почвы под нормально развитым и угнетенным сорго
(в пересчете на соли в % на абсолютно сухую почву)

Местонахождение и состояние культуры	Срок наблюдений	Глубина в см	Механический состав	Сухой остаток	NaCl	Na_2SO_4	$MgSO_4$	$CaSO_4$	$CaCl_2$
Дельта р. Волги, с. Фунтово.	13/VIII—1929 г.	0—20	Супесь	0.388	0.072	0.049	0.060	0.134	Нет
		20—33	Суглинок	0.272	0.085	0.079	0.040	0.045	»
Среднее развитие		33—51	Песок	0.172	0.055	0.097	0	0.007	»
		51—72	Супесь	0.708	0.118	0.256	0.087	0.187	»
		72—100	»	0.872	0.164	0.230	0.144	0.216	»
Там же. Угнетенное развитие	13/VIII—1929 г.	0—20	»	0.466	0.195	0	0.087	0.045	0.088
		20—35	Суглинок	1.480	0	0	0.258	0.575	0.500
		35—54	»	0.920	0.054	0	0.190	0.420	0.200
Пойма р. Гуселки (г. Саратов).	26/VII—1921 г.	0—30	Супесь	0.348	0.029	0.152	0.021	0.084	Нет
		30—60	»	0.691	0.015	0.177	0.075	0.348	»
Хорошее состояние		60—90	»	0.553	0.013	0.155	0.057	0.278	»
Там же. Угнетенное состояние	26/VII—1921 г.	0—30	»	0.558	0.056	0.235	0.040	0.173	»
		30—60	»	0.519	0.023	0.094	0.063	0.192	»
		60—90	»	0.336	0.021	0.138	0.033	0.115	»

А р б у з ы , по материалам, собранным с супесчаной поймы р. Гуселки, нормально развивались при засолении, доходящем в слое почвы 0—30 см до 0.73%, причем хлористого натрия имелось 0.25%. На вкусе арбузов означенное засоление не отразилось: плоды были сочные, нежные и сладкие.

Т ы к в а на суглинистой почве ильменя в дельте р. Волги, как видно из табл. 3, хорошо развивалась при засолении слоя 0—50 см до 0.4%, из которых 0.21% составляли хлористые соли натрия и сернокислые соли натрия и магния; при этом нарастание засоления шло к низу разреза. В случае концентрации солей в горизонте 0—10 см до 0.85%, с преобладанием хлористых солей, тыквы имели слабое развитие плетей и плодов.

Таблица 3

Результаты анализа водной вытяжки из почвы под нормально развитой и угнетенной тыквой

(в пересчете на соли в % на абсолютно сухую почву)

Местонахождение и состояние культуры	Срок наблюдений	Глубина в см	Механический состав	Сухой остаток	NaCl	Na_2SO_4	$MgSO_4$	$CaSO_4$	$CaCl_2$
Дельта р. Волги, с. Фунтово. Среднее развитие	13/VIII—1929 г.	0—20	Суглинок	0.300	0.039	0.039	0.048	0.108	Нет
		20—35	»	0.216	0.045	0	0.054	0.055	»
		35—53	»	0.636	0.095	0.115	0.126	0.218	»
Там же. Угнетенное состояние	13/VIII—1929 г.	0—10	»	0.845	0.136	0	0.210	0.120	0.290
		10—27	»	0.210	0	0	0.090	0	0.100
		27—40	Супесь	0.460	0	0	0.180	0	0.190

Л е н-кудряш испытывался на солеустойчивость на супесчаной пойме р. Гуселки в 1921 г. (табл. 4). При засолении к моменту уборки слоя почвы в 0—30 см до 0.38%, из которых 0.21% составляли соли натрия и магния, лен-кудряш имел нормальное развитие, дав в семенах 39% сырого жира. При засолении до 0.49%, из которых 0.34% падало на соли натрия и магния, лен-кудряш имел уже несколько угнетенное развитие.

Таблица 4

Результаты анализа водной вытяжки из почвы под хорошо развитым и угнетенным льном-кудряшом

(в пересчете на соли в % на абсолютно сухую почву)

Местонахождение и состояние культуры	Срок наблюдений	Глубина в см	Механический состав	Сухой остаток	NaCl	Na_2SO_4	$MgSO_4$	$CaSO_4$	$CaCl_2$
Пойма р. Гуселки. Хорошее развитие	25/VII—1921 г.	0—30	Супесь	0.382	0.055	0.095	0.051	0.155	Нет
		30—60	»	0.200	0.015	0.048	0.030	0.045	»
		60—100	»	0.467	0.018	0.116	0.057	0.172	»
Там же. Угнетенное состояние	25/VII—1921 г.	0—30	»	0.490	0.155	0.143	0.027	0.082	»
		30—60	»	0.456	0.039	0.177	0.039	0.128	»
		60—100	»	0.443	0.045	0.177	0.036	0.130	»

К е н а ф на слоистой песчано-суглинистой почве ильменя имел к 30/IX рост в 1.5 м при засолении слоя 0—60 см в 0.43%; при этом солей натрия и магния было 0.29% (см. табл. 5).

А й в а, хорошо развитая, с хорошим плодоношением, имела среднее засоление почвы в лунке на глубину 100 см — 0.76%; при этом на соли натрия и магния падало 0.24%, а 0.50% приходилось на гипс. Наибольшее скопление солей — до 1.5% — как показывают данные, приведенные в табл. 5, имелось в слое 33—53 см.

Таблица 5

Результаты анализа водной вытяжки из почвы под нормально развитыми кенафом и айвой

(в пересчете на соли в % на абсолютно сухую почву)

Местонахождение и состояние культуры	Срок наблюдений	Глубина в см	Механический состав	Сухой остаток	NaCl	Na_2SO_4	$MgSO_4$	$CaSO_4$	$CaCl_2$
Кенаф. Дельта р. Волги, с. Фунтово.	13/VIII— 1929 г.	0—7	Песок	0.454	0.115	0	0.090	0.201	Нет
		7—23	Суглинок	0.312	0.095	0.028	0.066	0.098	»
		23—45	»	0.320	0.088	0.130	0.030	0.060	»
Среднее развитие		45—64	»	0.654	0.078	0.177	0.138	0.163	»
Айва. Дельта р. Волги, с. Башмаковка. Лунка под деревом.	29/VI— 1929 г.	0—12	»	0.112	0	0	0.030	0.033	»
		12—22	»	0.569	0.012	0	0.150	0.285	»
		22—33	»	0.850	0.055	0	0.165	0.496	»
		33—53	Супесь	1.542	0.073	0	0.276	1.027	»
Хорошее плодоношение		53—77	»	0.573	0	0	0.171	0.289	»
Там же. Междурядье под айвой	29/VI— 1929 г.	0—12	Суглинок	1.952	0.092	0.300	0.453	0.847	»
		12—22	»	0.988	0.062	0.111	0.219	0.487	»
		22—40	»	0.544	0.019	0.300	0	0.216	»
		40—60	Супесь	0.830	0.023	0.265	0.147	0.350	»
		60—79	»	0.294	0.010	0.159	0.057	0.100	»

Такое засоление имело место в лунке под деревом через 2 дня после полива; почва междурядья, шириной около 2 м, содержала солей в слое почвы 0—22 см около 1.45%; при этом около 0.6% падало на сернокислые соли натрия и магния, а 0.7% — на гипс.

В виду повышенной солеустойчивости айвы она имела и может иметь широкое распространение в дельте р. Волги.

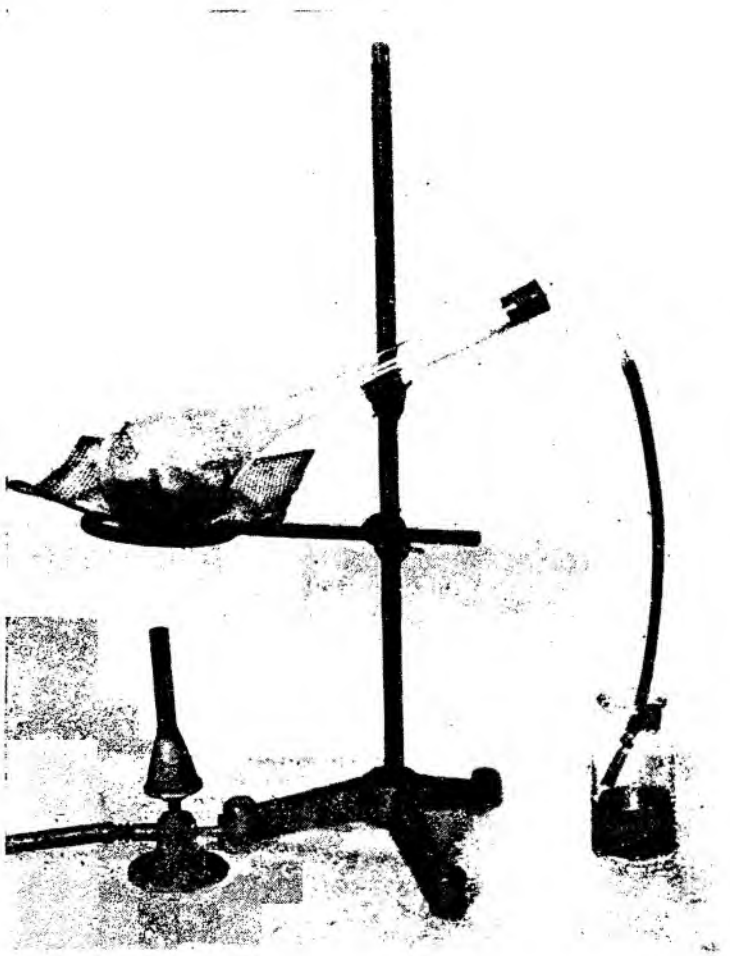
Наблюдения над баклажанами и айвой сделаны на участках с правильным орошением; наблюдения над сорго, тыквой, кенафом — в условиях лиманного орошения ильменей, а над арбузами и льном — на заливаемой весной пойме.

В заключение считаю необходимым отметить, что знание солевыносливости сельскохозяйственных культур позволит хозяйству ввести в использование ряд засоленных участков, на которых хлебные злаки не растут. Но из этого, конечно, вовсе не следует, что для солевыносливых культур надо портить засолением хорошие земли, даже если эти культуры и дают несколько повышенный урожай при внесении той или иной соли, как, например, сахарная свекла (по опыту автора настоящей статьи и опытам проф. Егорова). При малых дозах солей качество почвы может заметно не измениться, но при внесении повторных доз солей натрия можно почву испортить так, что она потребует впоследствии дорогостоящих мелиоративных мероприятий.

М. Г. РЫЖЕНКОВА
ПОЧВЕННО-АГРОНОМИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ ИМ. АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

СПОСОБ СЖИГАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПО КЬЕЛЬДАЛЮ БЕЗ ВЫТЯЖНОГО ШКАФА И ВЕНТИЛЯЦИИ

При сжигании органического вещества по Кьельдалю выделяется тяжелый удушливый газ SO_2, для удаления которого необходима хорошая вентиляция вытяжного шкафа, что не во всех лабораториях имеется.



Способ сжигания органического вещества по Кьельдалю бе вытяжного шкафа и вентиляции.

В лаборатории Почвенно-агрономической станции имени акад. В. Р. Вильямса при определении азота по Кьельдалю применяется следующий простой способ: выделяющийся в процессе кипячения серной кислоты с органическим веществом газ SO_2, при помощи каучуковой пробки с отводной трубкой из колбы Кьельдаля направляется в склянку с водой. Тяжелый газ падает на воду и жадно ею поглощается, в результате чего окружающий воздух остается совершенно чистым, так что сжигание можно производить даже без вытяжного шкафа (см. фото).

Отводная трубка (стеклянная или каучуковая) не должна касаться воды во избежание затягивания воды в горячую кьельдалевскую колбу. Резиновая пробка на количество азота не влияет: определение с пробкой в почвенном образце дало азота — 0.370%, а без пробки — 0.388%.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

СБОРНИК ПАМЯТИ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

В. И. РУМЯНЦЕВ

КАФЕДРА ПОЧВОВЕДЕНИЯ ТСХА

К ВОПРОСУ ПРОДВИЖЕНИЯ ЛЮЦЕРНЫ НА КРАЙНИЙ СЕВЕР

(Предварительное сообщение)

Из общей территории Крайнего Севера Кольский полуостров находится в наиболее неблагоприятных условиях в отношении пригодных под сельскохозяйственные культуры земельных фондов. Это — гористая, богатая водой, лесами и болотами страна с самым молодым геологическим прошлым, свежими следами деятельности ледников, оставивших малопригодный в почвенном отношении материал, край с ясно выраженным характером ледникового ландшафта, в виде каменистых холмов и валунно-песчаных гряд (морен). Прикрывающие кристаллическую основу полуострова рыхлые валунно-песчаные ледниковые отложения представлены на дневной поверхности района (средняя часть Кольского полуострова) преимущественно крупнозернистыми валунными песками, приуроченными к вершинам и верхним частям склонов моренных гряд и холмов, а более пониженные места покрыты особой мелкоземистой зеленоватой супесью с редкими валунами. Эти отложения и составляют, главным образом, материнскую породу минеральных почв. Других, более мелкоземистых пород, здесь очень мало.

Почвы района — более или менее грубоскелетные, маломощные. В среднем мощность почвенных горизонтов равна 35—55 см (так называемые карликовые песчаные и супесчаные подзолы). В большинстве случаев они содержат значительное количество валунов и других каменистых включений.

Климатические условия Кольского полуострова неоднородны как по средним температурам, так и по осадкам. Они обычно характерны только для района самой станции, расположенной на той или иной горе или долине. Средняя годовая температура полуострова самая высокая по сравнению с другими частями Севера (от—1.6 до — 0.7°), причем, как подмечено Ивановой (1937), наблюдается ясно выраженная тенденция к понижению ее по мере движения к востоку и к северу, в зависимости от влияния течения Гольфштрема. Осадки заметно возрастают в направлении с востока на запад.

В районе исследования (совхоз «Индустрия») средние годовые климатические показатели следующие: температура колеблется от — 0.6 до —0.8°; осадки составляют 300—450 мм в равнинной части полуострова и 750—800 мм в горной части. Несмотря на достаточное количество осадков, приближающее эти районы в ряде случаев к дерново-подзолистой зоне Союза, все же здесь имеются и специфические особенности. Так, на минеральных почвах Кольского полуострова наблюдается засуха, и многолетние данные показывают, что благоприятные годы, при достаточном выпадении осадков, бывают не чаще, чем через 4—5 лет. Следовательно, из каждых 4—5 лет 3—4 года падает на засуху. Все эти условия климата создавали в недалеком прошлом трудности в сельскохозяйственном освоении

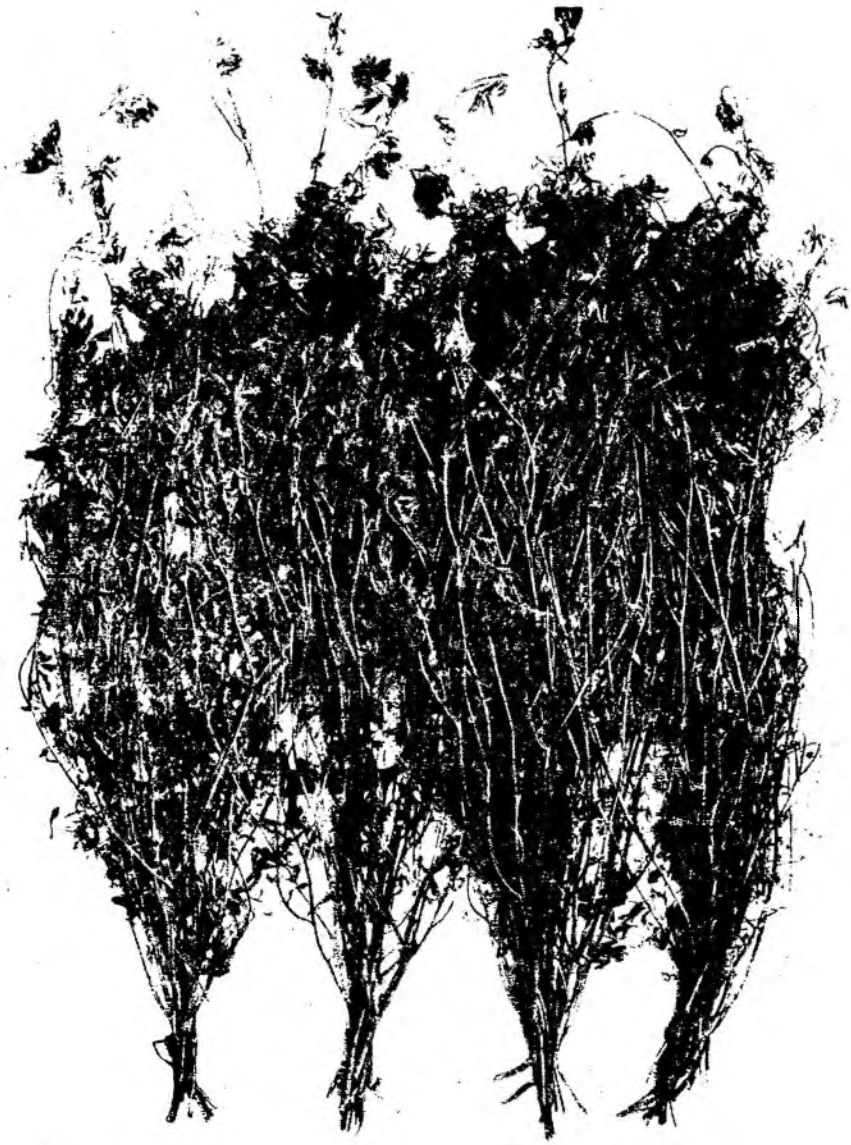
территории Кольского полуострова. Но социалистическая система сельского хозяйства открыла в нашей стране неограниченные возможности применения в земледелии наиболее совершенных методов производства. На месте дикой тундры и лесотундры Кольского полуострова создаются крупные механизированные хозяйства. В них открываются все возможности широкого использования на фоне применения системы агротехнических мероприятий одного из важнейших средств борьбы за урожай — введения правильных севооборотов с посевом многолетних трав.

За последние годы Мурманская область добилась серьезных успехов в развитии сельского хозяйства: в 1940 г. в Кировском районе (район исследования) под посевами было 2006 га. Для района, где земледелие развивается в суровых полярных условиях на трудно осваиваемых северных болотных и песчано-подзолистых почвах, — это довольно большая посевная площадь. Хозяйства сумели добиться сравнительно высоких и устойчивых урожаев основных сельскохозяйственных культур. В среднем хозяйства собирают 10—15 т картофеля с га, 35—40 ц многолетних трав, 15—18 ц зерновых, 20—25 т корнеплодов. Не отстает в своем развитии и такая важная отрасль сельского хозяйства, как животноводство.

Быстрый рост сельского хозяйства (полеводства и животноводства) требует коренной переделки почв. Одним из путей этого служит введение правильной системы земледелия, основным звеном которой будут правильные севообороты с посевом многолетних злаковых и бобовых трав. Роль многолетних трав в окультуривании данных почв огромна. С одной стороны, многолетние травы позволят коренным образом улучшить физикохимические свойства, с другой, — они будут способствовать ускорению процессов почвообразования, охвату более глубоких горизонтов и увеличению, тем самым, почвенного слоя. Акад. В. Р. Вильямс (1935) указывает, что «процесс почвообразования определяется жизнедеятельностью самих растений, развивающихся на рухляке», а... «беспрерывно повторяющаяся комбинация смены этих процессов создания и разрушения органического вещества представляет общую схему почвообразовательного процесса». В. П. Бушинский в своих работах (1936) также указывает: «чтобы из материнских пород образовалась почва, на них должна развиваться растительность», которая своими корнями передвигает воду и пищу из породы к поверхности почвы. Эти положения хорошо иллюстрируются на «молодых» почвах Кольского полуострова. А посев многолетних трав может искусственно ускорить почвообразовательный процесс этих «рухляковых» песчаных и супесчаных карликовых подзолов.

Решением одной важной задачи — создания эффективного плодородия данных почв путем посева смеси многолетних трав — одновременно решается и другая задача: обеспечения прочной кормовой базы для быстро растущего животноводства. Недостатком кормовой базы Кольского полуострова было, и пока есть, слабое развитие полевого кормодобывания при незначительном по размерам объеме травосеяния и низкой урожайности трав, а также ограниченном видовом составе их. Если из злаковых трав тимофеевка приобрела права «гражданства» в сельском хозяйстве Кольского полуострова и при правильной агротехнике дает хороший урожай, то нельзя сказать этого же в отношении многолетних бобовых трав, которые до сих пор в севооборотах отсутствуют и пока находятся в стадии опытного испытания. Работа по испытанию и внедрению клевера проводится уже 10—15 лет научно-исследовательскими учреждениями, но пока положительных результатов не дает. Испытанием люцерны до 1939 г. на Кольском полуострове не занимались и только нами в 1939 г. начаты эти работы.

До недавнего времени считали, что люцерну можно разводить только в южных условиях. По данным Б. Ф. Овчинникова (1937), география люцерны в настоящее время представляется в следующем виде: наиболее цен-



Фиг. 1. Внешний вид люцерны, сорт Омская желтая.
Посев 1939 г. Урожай сена в 1940 г. 30.77 ц/га (совхоз «Индустрия» Мурманской обл.)

ная в хозяйственном отношении синяя люцерна распространена в юго-западных областях Европейского материка. Центральная полоса Европы характеризуется повышенными площадями посева гибридных люцерн. Северной границей разведения ее в Европе считают Швецию — 60° с. ш. В более северных и восточных районах Европы и Америки возделывается преимущественно желтая люцерна, доходящая в Аляске до 64° с. ш. Ближайшие пункты осеверения люцерны в Союзе — Вологда 59°, Ленинград около 60°, г. Киров 58°, г. Горький 56.6°, г. Омск 59° и г. Молотов 58° с. ш. Наши же опыты в совхозе «Индустрия» находятся на 67°31′ с. ш. Это самая северная точка ее возделывания в Европейской части Союза.

Учитывая все положительные свойства люцерны, мы в 1939 г. впервые

на Кольском полуострове в производственных условиях в совхозе «Индустрия» произвели посевы Омской желтой люцерны на площади 0.2 га, а в 1940 г. посеяли еще два сорта люцерны — Валуйскую гибридную и Омскую синюю на площади 0.6 га. Суровая зима 1939/40 гг. ни в какой степени не повлияла на люцерну посева 1939 г. Она проявила 100% зимостойкость, хотя снеговой покров был незначительным и составлял на 23 февраля 1940 г. для этих районов только 33 см.

Данные среднемесячных показателей температуры и осадков за 2 года характеризуют 1939 г. как засушливый, а 1940 г. по количеству осадков для сельскохозяйственных культур на минеральных почвах приближают к нормальным годам. Для 1939 г. засушливый период падает на вторую часть лета (30.8 мм), когда влажность на минеральных почвах колебалась на глубине 20—25 см от 4.5 до 6%, т. е. доходила почти до мертвого запаса. В 1940 г. во второй половине лета выпадали обильные и частые дожди (134.5 мм), в результате которых песчаные почвы с ничтожной водоудерживающей способностью были непрерывно обеспечены водой. Наконец, на июль и август (в данных условиях) приходится наиболее сильный рост сельскохозяйственных культур, и поэтому в этот период потребность в воде наибольшая. Люцерна, посеянная в 1939 г., хотя и развивалась нормально, но в год посева не дала значительных урожаев, а люцерна, посеянная в 1940 г., дала в первый год своего развития хороший урожай. Отсюда напрашивается вывод, что в условиях Кольского полуострова на минеральных почвах при климатических колебаниях растениям нехватает прежде всего влаги, а не тепла.

Таким образом, дальнейшая производственная деятельность человека должна быть направлена на устранение этого разрыва системой мероприятий, и в том числе путем создания высококультурной (структурной) почвы — посевом многолетних злаковых и бобовых трав.

Развитие в 1940 г. культуры люцерны (Омская желтая посева 1939 г.) в описанных выше условиях отражено в табл. 1.

Фенофазы: с 1 по 18 июня — начало вегетации; 20 июня — 14 июля — рост стеблей; 14 — 15 июля — бутонизация; 2 августа — начало цветения и 23 августа — уборка (60—70% растений было в цвету).

Из табл. 1 видно, что люцерна развивается в данных условиях нормально. Быстрый рост и стеблевание начинается со второй половины июля и заканчивается во второй декаде августа. Последнее объясняется также благоприятным количеством осадков за этот период.

Таблица 1

Месяцы	Декады	Высота в см	Прирост	Число кустов на 1 м²	Число стеблей на 1 м²
Июнь	I	—	—	58	—
	II	13	—	58	—
	III	19	6	58	158
Июль	I	24	5	58	169
	II	34	10	58	180
	III	45	11	58	180
Август	I	51	6	58	220
	II	58	7	58	220
	III	58	0	58	220

Фиг. 2. Внешний вид люцерны, сорт Омская синяя.

Посев 1940 г. Урожай сена в год посева 20 ц/га (совхоз «Индустрия» Мурманской обл.).

Уборка урожая Омской желтой люцерны (посева 1939 г.) и Валуйской гибридной (посева 1940 г.) была произведена 23 августа (Валуйская люцерна была убрана в стадии бутонизации, а Омская синяя была убрана 9 сентября в начальной стадии цветения). Урожай сена их при 18% влажности составляет в ц/га:

Омская желтая	30.77
Омская синяя	20.0
Валуйская гибридная	20.6

Внешний вид этих испытанных сортов люцерны представлен на фиг. 1—3.

Полученный хороший для Кольского полуострова урожай люцерны наглядно подтверждает ее будущую роль совместно со злаковыми в создании эффективного плодородия данных почв и обеспечении животноводства высокопитательным кормом. При правильной уборке к моменту цветения

Фиг. 3. Внешний вид люцерны, сорт Валуйская.

Посев 1940 г. Урожай сена в год посева 20.61 ц/га (совхоз «Индустрия» Мурманской обл.).

как указывает акад. В. Р. Вильямс (1938), сено злаковых и бобовых трав по своим питательным достоинствам равняется концентрированным кормам.

Одновременно велись сравнительные наблюдения за развитием корневой системы ячменя, овса, клевера и люцерны посева 1939—1940 г. Во всех случаях выявилась следующая закономерность: две трети корней ячменя, овса и клевера залегают на глубине от 15 до 30—35 см, а две трети корней люцерны — на глубине от 30 до 45—50 см (фиг. 4). Отдельные корни люцерны посева 1939 г., преодолевая небольшую уплотненную прослойку на глубине 45—50 см, проникают до 110 см, а корни люцерны посева 1940 г.— до 80—90 см. Эта положительная особенность люцерны на данных почвах

Фиг. 4. Внешний вид люцерны (надземной и корневой массы), сорт Омская желтая.

Посев 1939 г. Урожай сена в 1940 г. 30.77 ц/га (совхоз «Индустрия» Мурманской обл.).

позволяет, благодаря ее избирательной способности, усилить концентрацию большого количества минеральной пищи ближе к поверхности почвы и ускорить почвообразование на этих «рухляковых» почвах, а в годы с меньшим количеством осадков корни люцерны, проникая в нижележащие горизонты, могут использовать грунтовые воды.

Установить, какие сорта являются наилучшими в местных условиях, на основании приведенных результатов изучения, безусловно, еще нельзя. Для этого требуются дальнейшие испытания еще большего количества сортов в производственных условиях на специальных опытах по развернутой схеме сортоиспытания.

Полученные нами результаты позволяют сделать следующий вывод: люцерна в условиях Кольского полуострова может с успехом произрастать и при правильной агротехнике давать высокие и устойчивые урожаи.

Внедрение и расширение посевов люцерны и повышение ее урожайности — важная задача сельского хозяйства Крайнего Севера.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СБОРНИК ПАМЯТИ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

М. Н. ПЕРШИНА
КАФЕДРА ПОЧВОВЕДЕНИЯ ТСХА

ПЕСКИ ЛЕВОБЕРЕЖЬЯ СЕВЕРНОГО ДОНЦА ЛИСИЧАНСКОГО РАЙОНА

Акад. В. Р. Вильямс (1922, 1938, 1939), развивая взгляд на почву не только как на природное тело, но и как на средство сельскохозяйственного производства и предмет труда, обосновал теорию единого почвообразовательного процесса. Эта теория составляет центральную часть его учения о почве. Установление В. Р. Вильямсом стадийности почвообразовательного процесса открывает новые пути развития почвоведения как науки. Василий Робертович рассматривает зоны и типы почв как проявление диалектических «скачков», определяемых качественными различиями, получившимися в результате накопления количественных изменений. Различие почв в пределах почвенного типа или зоны обусловливается воздействием относительного почвенного возраста территории, выражаемого в факторах рельефа и почвообразующей породы.

Наличие песков по левобережью большинства южных рек Европейской части СССР среди черноземных суглинков и глин представляет один из ярких примеров влияния относительного почвенного возраста на почвообразовательный процесс.

В 1937—1938 гг. нами было произведено исследование левобережья средней части р. Северный Донец. Обследованная территория Лисичанского района Ворошиловградской области расположена на 2-й террасе левобережья р. Северный Донец и ее притока р. Боровой.

По мнению Б. Б. Полынова (1928, 1935), образование высоких третьих террас системы Дона происходило при заполнении глубоких долин, прорытых в коренных породах и четвертичных отложениях. Это заполнение закончилось при высоком положении базиса эрозии Донской системы в четвертичное время.

Образование современных долин произошло при последующем понижении базиса эрозии. Б. Б. Полынов отмечает два повышения базиса эрозии Донской системы и два понижения в четвертичное время.

Происхождение вторых и более древних речных террас С. С. Соболев (1936) связывает со стадией поймы. Им же дан обзор строения вторых террас рек юга и юго-востока Европейской части СССР. Рядом исследователей отмечено сходство в строении вторых террас с рельефом пойм. С. С. Соболев (1936, 1938) относит вторую песчаную террасу Северного Донца к типу аккумулятивно-эрозионных террас. Мнение о происхождении донских песков, как речных дюнных образований, впервые высказал Н. А. Соколов (1884).

В. И. Крокос (1918, 1927), занимавшийся в течение ряда лет изучением послетретичных отложений Украины, пришел к следующим выводам: большинство рек на левых берегах имеют террасы накопления, состоящие из песчано-галечных отложений, прикрытых иногда лёссом. Углуб-

ление долины реки является результатом вертикальной эрозии; образование дна террасы связывается со сменой вертикальной эрозии боковой эрозией; накопление рыхлого материала террасы определяется сменой эрозии аккумуляцией и, наконец, образование террасового уступа (т. е. собственно террасы) означает новое появление вертикальной эрозии. По мнению автора, возраст верхней террасы Северного Донца относится ко второму оледенению, других террас — к третьей межледниковой и послеледниковой эпохам.

Г. Ф. Мирчинк (1927, 1934) придерживается мнения о принадлежности Донского и Днепровского ледниковых языков к эпохе рисского оледенения.

А. Д. Архангельский (1934) указывает на непосредственную связь древнеаллювиальных террасовых отложений речных долин с ледниковыми явлениями. Ссылаясь на работы Соболева, Рейнгартена, Крокоса и Мирчинка, автор устанавливает, что в ледниковые эпохи вне области оледенения должно происходить соответственное изменение климата в сторону усиления континентальных условий и, в частности, усиления эоловых, делювиальных явлений, усиление явлений механического выветривания, усиление заполнения речных долин аллювиальным материалом.

На основании полученных материалов можно полагать, что в геологическом строении принимают участие верхнемеловые и четвертичные отложения. Четвертичные осадки представлены древнеаллювиальными, современными и эоловыми песками, мощность которых колеблется от 3 до 23 м. Первая надпойменная терраса сложена древнеаллювиальными отложениями, осадками, залегающими на размытых мергелях Сенона. При обследовании в некоторых случаях в больших понижениях (глубиной 3—5 м) мергеля были встречены на глубине 2 м от поверхности. Древнеаллювиальные отложения представлены светлосерыми, иногда белыми кварцевыми однородными тонкими песками, часто с ортзандовыми узкими прослоями. В северо-западной части территории были встречены песчаные отложения с отчетливо идущими горизонтальными слоями хряща и галек. В этой же части встречены бурые суглинистые пылеватые прослойки. Древнеаллювиальные пески с поверхности переработаны, и на второй террасе в этом случае покрываются эоловыми песками.

Эоловые пески отличаются диагональной слоистостью, тонкозернисты; часто имеют погребенные почвы, в которых можно проследить наличие всех горизонтов дерново-подзолистых почв. Перепос песка ветром продолжается и в настоящее время. Можно считать, что наличие резко бугристого рельефа в северо-восточной части связано с эоловыми явлениями.

Наличие широких и продольных понижений, чередующихся с параллельно идущими холмистыми грядами на второй террасе, указывает на то, что формирование бугристо-волнистого рельефа относится к моменту существования долины Северного Донца на уровне второй террасы. Возможно, что образование бугров было связано с воздействием вихревых движений водных потоков, продольные же понижения являются свидетелями прежде бывших рукавов и стариц реки. Дальнейшее передвижение песков, очевидно, связано с воздействием ветра, что отмечается наличием диагональной слоистости песчаных отложений. Резко бугристый рельеф с голыми незадернованными буграми и такими же голыми котловинами выдувания представлен в области разбитых голых песков. И здесь бугры и котловины выдувания не имеют определенного направления, что, возможно, связано с большой изменчивостью направления ветров.

Для котловин выдувания характерно наличие на поверхности кремневых галек, хряща и значительно более высокое содержание крупных частиц по сравнению с профилем песчаных почв. В области разбитых голых песков бугры имеют иную форму по сравнению с областью задернованных

черноземных песков. Здесь под влиянием частого передвижения песков образуются бугры с бесформенными неравнобокими краями (кучугуры).

В области голых песков восточной части территории направление песчаных гряд — с В на З; при этом наветренная южная сторона имеет пологий склон, подветренная северная — крутую почти отвесную стенку.

В настоящее время на территории представлена по преимуществу луговостепная растительность и в незначительном количестве древесная растительность.

Анализ почвообразовательного процесса и свойств почв указывает на существование в прошлом в значительно бо́льших размерах древесной растительности. Под влиянием вырубки древесной растительности и последующего обращения песчаных территорий в выгоны, пастбища и пахотные угодья, территорию сначала заняли представители луговостепной флоры, которые в местах наибольшего выбивания растительности были уничтожены. Оголенные пески, в виду отсутствия цементирующих иловатых элементов, впоследствии были приведены в движение ветром.

В соответствии с развивающимся процессом пасквальной дегрессии песчаной степи эволюция растительности следует в определенном порядке. Этот вопрос развит в работах Е. М. Лавренко (1940), Г. Н. Высоцкого (1914, 1924), А. Г. Гаеля (1930).

Задернованные среднемощные черноземные пески характеризуются по преимуществу стадией дерновинных злаков. Сюда относятся: типчак (*Festuca ovina* L), тонконог (*Koeleria glauca* D. C.), пырей гребенчатый (*Agropyrum cristatum* P. B), ковыль перистый (*Stipa Johannis* Czelan). К ним примешиваются стержнекорневые многолетники — полынь полевая (*Artemisia inodora* M. B.), молочай (*Euphorbia gerardiana* Jack), чебрец (*Tymus odoratissimus* M. B.) и др.

При усилении выпаса скота начинает преобладать молочай, который не поедается скотом и лучше выносит выбивание.

При дальнейшей усиленной пастьбе скота возникает стадия стержнекорневых двудольных. Дерновинные злаки и, в первую очередь, ковыль исчезают. Преобладают стержнекорневые многолетники. В этой стадии начинаются эоловые процессы, охватывающие поверхностные горизонты песчаных почв.

При последующем выпасе скота задернованность песков в значительной степени уменьшается. При этом пески становятся разбитыми, мало задернованными, хотя гумусированность пока сохраняется. Появляются корневищевые злаки — пырей мохнатоцветковый (*Agropyrum desirutum* Led.) и др.

Из равнинной части на разбиваемые пески поднимается вейник (*Calamagrostis epigeios* Roth), осока ложнопесчаная (*Carex ligerica* Gey); появляется ракитник (*Cytisus borysthenicus* M. B.).

В данной стадии отмечается повышение влажности в разбитых, слабо задернованных песках по сравнению с задернованными. Это обусловливается изреженностью растительного покрова, вследствие чего испарение уменьшается.

Голые разбитые пески характеризуются отдельными экземплярами псаммофитов. Здесь разбросаны—шелюга (*Salix acutifolia* Willd., *S. rosmarinifolia* L.), осока ложнопесчаная и др.

Полнота травостоя среднемощных черноземных песков обычно выше, чем полнота маломощных черноземных песков.

Понижения, к которым приурочиваются мощные черноземные пески, имеют значительно лучшие условия для развития растений, так как в них создаются более благоприятные соотношения элементов плодородия — воды и пищи. Это обстоятельство приводит к тому, что к малотребовательным формациям песчаной полыни присоединяется чебрец, который является

здесь господствующим типом растительности, и некоторые другие виды. Особенностью понижений является наличие всегда зеленеющего и часто цветущего травянистого покрова в противоположность буграм, растительность которых в течение большей части вегетационного периода сухая и, при наличии выгона, выжженная. Древесная растительность представлена в ничтожно меньшем количестве по сравнению с луговостепной. Сюда относятся сосна (*Pinus silvestris* L.), встречающаяся в естественных зарослях и культурах, и шелюга.

Представляя известное сопротивление для ветров, переносящих песок, нижняя часть ствола сосны часто заносится песком. Поэтому в основных насаждениях на разбитых голых песках можно наблюдать, как ветви сосен выбиваются из-под песка. В других случаях, где происходит выдувание, корни сосны стелются совершенно по поверхности и через несколько метров снова уходят под поверхность почвы. Довольно интересную приспособляемость в строении корневых систем удалось отметить у типичных обитателей песков — чебреца, песчаной полыни, ракитника и других растений. Чебрец, имея высоту надземной части 20—25 см, обладает корнями, идущими на глубину 2—3 м. Корни ракитника и песчаной полыни, имея стержневидную форму, также идут на глубину 2—3 м. Некоторые растения в борьбе против разрушающего действия ветра развивают большую длину корней, позволяющую им удерживаться в песках и искать влагу. Другие растения, как, например, осока (*Carex ligerica* Gay), в этих же целях развивают горизонтально стелющиеся корневища.

В основу группировки песков положены такие признаки: степень задернованности, степень гумусированности и мощности. Задернованность и гумусированность определяют степень податливости песков к развеванию. Кроме того, эти моменты взяты за исходные потому, что современный период почвообразования представлен дерновым, характеризующимся аккумуляцией питательных элементов, обусловливаемым гумусированностью и частично задернованностью.

Механический состав песков является довольно однородным тонкозернистым. Количество фракции 0.25—0.05 мм значительно превышает фракцию 1—0.25 мм (табл. 2). В виду однородности песков они не подразделены в классификации на подгруппы по механическому составу.

В соответствии с совокупностью приведенных условий почвообразования на территории формируются различной степени задернованности песчаные почвы (табл. 1).

Таблица 1

Группировка почв описываемой территории

Почвы	Почвообразующие породы	Элемент рельефа
1. Задернованные мощные черноземные тонкозернистые пески	Тонкозернистые древнеаллювиальные пески, перекрытые древними эоловыми отложениями	Понижения
2. Задернованные среднемощные черноземные тонкозернистые пески	То же	Мягкие бугры, равнины
3. Разбитые незадернованные среднемощные черноземные пески	»	Бугры
4. Слабо задернованные маломощные черноземные пески	Современные эоловые отложения, подстилаемые древним аллювием	Бугры и котловины выдувания
5. Разбитые голые пески		

Преобладающую часть почв территории составляют задернованные среднемощные черноземные пески, затем следуют мощные черноземные, разбитые голые пески; в очень небольшом количестве распространены дерновые оподзоленные пески, которые могут быть рассматриваемы, как реликтовые образования. Среднемощные черноземные пески имеют различную степень задернованности в зависимости, главным образом, от производственного воздействия человека. Растительность носит луговостепной характер. В состав ее входят: *Artemisia arenaria* D. C., *Artemisia Scoparia* W. K., *Festuca ovina*, *Agropyrum cristatum*, *Koeleria glauca*, *Tymus odoratissimus*, *Euphorbia Gerardiana*.

Полнота травостоя колеблется от 0.7—0.8 до 0.5—0.4. Пастьба скота, частое передвижение людей, машин и животных способствует выбитости травянистого покрова, отсюда — переходу песков в подвижное состояние.

Среднемощные черноземные пески представлены, главным образом, на мягких буграх и равнинной части территории. Морфологические признаки их: перегнойный горизонт А имеет мощность 30—40 см, серого цвета, однородный, тонкозернистый рыхлый песок, переходит постепенно в нижеследующий горизонт. Горизонт В переходный, мощностью 40—60 см, бурый, однородный, рыхлый тонкозернистый песок, незаметно сливается книзу с горизонтом С — светложелтым, также однородным, тонкозернистым песком, в котором иногда встречаются тонкие ортзандовые прослойки шириной 1—3 мм.

Таблица 2

Данные механического анализа исследованных почв

(в % от абс. сухой почвы)

№ разреза	Горизонт	Глубина в см	Гигроскопическая вода в %	Фракции в мм				
				>1	1—0.25	0.25—0.05	0.05—0.01	<0.01
353	A_1	6—24	0.31	4.56	45.48	49.96	0.72	3.84
353	A_1	38—50	0.32	3.27	44.36	51.56	0.48	3.60
353	A_2	78—90	0.10	6.25	33.92	63.36	3.88	1.84
353	B	123—140	0.89	11.41	45.22	43.97	0.57	10.24
353	C	180—190	0.14	2.37	42.33	56.27	0.56	0.64
12	A_1	0—12	0.18	0.32	38.14	60.58	0.32	0.96
12	C	75—88	0.17	0.52	38.48	60.16	0.32	1.04
	Погреб. гор. А	160—170	0.38	1.27	30.79	65.62	0.40	3.19
350	A_1	0—15	0.33	1.94	42.52	51.46	1.77	3.25
350	A_1	45—58	0.34	1.65	31.05	69.97	1.93	4.05
350	A_2	58—80	0.20	2.00	31.71	61.08	1.44	5.77
350	B	94—108	0.80	4.80	33.93	51.88	5.32	8.87
350	C	150—165	0.23	0.50	30.35	67.57	0.96	1.12
1	A	5—20	0.41	2.30	21.88	72.48	0.92	5.22
1	B	46—58	0.27	3.21	27.41	69.07	0.24	3.28
62	A_1	5—18	0.37	3.00	28.71	66.68	0.44	6.17
62	A_1	40—53	0.28	3.79	31.96	64.48	0.44	3.12
62	B	78—93	0.23	5.89	31.74	64.81	0.44	2.96
62	C	145—155	0.14	8.20	40.20	53.52	0.16	1.121

Механический состав среднемощных черноземных песков характеризуется данными табл. 2 (разрезы 1 и 353).

Из табл. 2 видно, что в механическом составе всех горизонтов (включая и другие разрезы) преобладает фракция пылеватого песка, составляя больше 50%. Фракция среднего и мелкого песка представлена также большой величиной, но несколько меньшей по сравнению с предыдущей. Вся фракция

больше 0.05 мм составляет около 90%. На основании изложенного исследованные пески отнесены нами к тонкозернистым рыхлым разностям.

Из данных табл. 3 (разрез 64, 248) видно, что количество гумуса в среднемощных черноземных песках незначительно: около 0.4%; книзу количество гумуса постепенно уменьшается. Сумма поглощенных оснований и гидролитическая кислотность в перегнойном горизонте этих же разрезов составляет от 0.8 до 1.6 м-экв. на 100 г почвы, Н — от 1.1 до 1.4 м-экв. на 100 г почвы. Книзу обе величины уменьшаются.

В соответствии с данными валового состава (разрез 353, табл. 4) пески характеризуются относительным накоплением железа и алюминия в ортзандовой прослойке (123—140 см). Это не имеет места в среднемощных черноземных песках при отсутствии ортзандовых прослоев.

Существующие на территории группы старых сосновых насаждений, сохранившихся от рубки, указывают на возможности более широкого распространения лесов в прошлом. Это допущение представляется вероятным в виду того, что древесные породы распространяются по пескам южнее по сравнению с суглинистыми и глинистыми разностями. Отмечаемые в некоторых песчаных погребенных почвах явные признаки оподзоливания на большой глубине, на ряду с современным существованием степной растительности, указывают также на значительно более широкое распространение лесов в прошлом. Г. Г. Махов (1926, 1927), изучая песчаные арены Нижнеднепровья, пришел к убеждению, что «в недалеком прошлом они в значительной части представляли песчаную степь с отдельными лесками и группами деревьев по понижениям». К этому заключению автор пришел на основании наблюдений над часто встречающимися подзолистыми почвами, приуроченными к понижениям.

Таблица 3

Данные по содержанию гумуса, общего азота, поглощенного кальция, суммы поглощенных оснований и гидролитической кислотности

№ разреза	Название почв	Горизонт	Глубина в см	% гумуса	% общего азота	М-экв. на 100 г почвы: поглощенного Ca	суммы поглощенных оснований	гидролит. кислотности
64	Среднемощные черноземные пески	A	5—24	0.43	0.07	1.02	1.25	1.12
		B	43—57	0.22	—	—	0.46	1.04
		C	107—120	0.16	—	—	0.21	—
248	То же	A	5—18	0.45	—	—	0.82	1.42
		B	50—62	0.20	—	—	0.43	—
		C	128—140	0.10	—	—	0.10	—
353	»	A_1	5—24	0.30	0.05	0.63	1.00	1.18
		A_2	38—50	0.13	—	—	0.40	0.70
		B	123—140	0.16	—	—	0.85	2.39
		C	180—190	—	—	—	0.28	0.71

На основании произведенного анализа исследованных донских песков В. Б. Полынов (1928, 1935) пришел к заключению о наличии современного степного почвообразования, последовавшего за болотным почвообразованием. По мнению автора, болотное почвообразование было обусловлено тем, что вторая и третья террасы «переживали в свое время стадию заливной долины с близким от поверхности уровнем грунтовых вод».

В. В. Докучаев (1883, 1899), устанавливая взгляд на почву, как на природное тело, рассматривал развитие почвы с точки зрения, главным обра-

Таблица 4

Валовой анализ исследованных почв

(в % от абс. сухой почвы)

№ разреза	Горизонт	Почвы	Глубина в см	Общее содержание минеральных веществ	SiO_2	Fe_2O_3	$Al_2O_3 + P_2O_5$
353	A_1	Среднемощный черноземный песок	6—24	99.06	95.12	0.47	1.43
353	B_1		78—90	99.70	96.82	0.28	1.08
353	B		123—140	98.76	93.73	0.86	2.44
353	C		180—190	99.74	95.86	0.25	1.02
1	A		4—20	98.66	95.30	0.68	1.51
1	B		70—80	99.16	95.10	0.58	1.65
1	C		100—120	99.40	94.12	0.33	1.71

зом, ведущего фактора почвообразования — климата. Отсюда Докучаев выдвигал положение о взаимосвязи распространения почвенных зон с климатическими зонами, пытаясь, например, установить корреляцию между общей границей черноземной зоны и отдельными элементами климата.

Л. И. Прасолов (1939), анализируя генетические типы почв и почвенные области, установил общие схемы распределения почв в зависимости от климата. Одновременно с этим Прасолов указал на сложность этой корреляции обусловливаемой совместным влиянием многих факторов. «Непрерывная эволюция почв претворяется в разнообразных частных географических формах и в генетических типах почв».

П. А. Костычев (1885), разбирая положение В. В. Докучаева о взаимосвязи почвенных и климатических зон, показал, что чернозем развивается в резко различных климатических условиях. С другой стороны, в условиях одного и того же климата в черноземной зоне рядом развиваются черноземные и дерново-подзолистые почвы. Взгляды Костычева на роль климата в почвообразовании были развиты В. Р. Вильямсом.

Принимая во внимание установленное В. Р. Вильямсом понятие об абсолютном и относительном возрасте территории, нужно считать, что рельеф и материнские породы определяют интенсивность почвообразовательного процесса и изменяют его, перераспределяя элементы климата. При этом В. Р. Вильямс особенно выделил роль растительности, указывая, что «растительные группировки высших растений, зависящие от условий почвенной среды, постепенно накопляют в ней сумму изменений, которые приводят к смене самой растительной группировки.

Подобного же порядка изменения растительные группировки должны производить и в другой обитаемой ими среде — в атмосфере, и моменты этого процесса развития некоторых элементов климата давно отмечены статическим понятием о «микроклимате» растительных группировок. Путем накопления элементы микроклимата должны привести и к изменениям климата.

Как и в почвообразовательном процессе, главное влияние растительных группировок на климат определяется их воздействием на водный режим почвы».

В. Р. Вильямс указывает, таким образом, что смена растительных группировок и переход из одной стадии почвообразовательного процесса в другую оказывает влияние на изменение водного режима почвы, микроклимата, а отсюда эти изменения отражаются на климате страны.

Климат, влияя на почвообразование, таким образом, изменяется также в результате изменения растительности и почв. Изменение климата в ре-

зультате почвообразовательного процесса ограничено климатическими зонами, определяющимися космическими причинами (положение земного шара в солнечной системе) и физикогеографическими условиями.

Образование дерново-подзолистых песчаных почв левобережья южных рек Европейской части СССР связано с относительным почвенным возрастом этой территории, наличием песка в качестве почвообразующей породы и связи с рельефом, как фактором относительного почвенного возраста. Один и тот же климат различно преломляется в условиях различных почвообразующих пород и рельефа территории. Так, летние осадки, вследствие хорошей водопроницаемости песков, глубоко проникают в них, хорошо ими усваиваются, а глинистые и суглинистые почвы, имея сравнительно высокую влагоемкость и малую водопроницаемость, быстро испаряют воду. Таким образом, глинистые и суглинистые почвы создают значительно большую сухость климата. Наличие на глинистых и суглинистых разностях луговостепной растительности в связи с континентальностью климата и другими факторами привело к развитию чернозема. Существование сравнительно благоприятного водного режима в области песков привело к более длительному существованию древесной растительности. Совокупностью факторов было обусловлено образование дерново-подзолистых песчаных почв.

При последующем удалении древесных насаждений пески пришли в движение. Перенос песка усилился при разбивании травянистого покрова пастьбой скота. Сформировавшийся рельеф второй террасы на уровне заливной долины претерпел ряд изменений под влиянием эоловой деятельности ветра. В силу этого дерново-подзолистые песчаные почвы сохранились в небольших размерах, главным же образом они представлены погребенными почвами.

Среди холмистого рельефа, занятого среднемощными черноземными песками, имеются котловины выдувания с отчетливыми признаками выноса мелкого песка и пыли. С другой стороны, в глубоких обнажениях до 14—15 м, а также в разрезах, было отмечено наличие различной мощности (до 2 м) песчаного наноса с погребенными дерново-подзолистыми почвами, в которых отчетливо можно различить все горизонты, присущие этим почвам. Наиболее уцелевший травянистый покров степной растительности способствовал сохранению песчаных почв от их перемещения, в силу чего профиль дерново-подзолистых почв сохранился.

Возможно, что на ряду с перемещением почв в пространстве, в силу изменившегося комплекса факторов почвообразования, понижения базиса эрозии, понижения уровня почвенно-грунтовых вод, поселения луговостепной растительности, а в связи с этим изменения характера и состава перегноя и физикохимических свойств, имеет место развитие дернового процесса.

С другой стороны, наличие песчаного субстрата в качестве почвообразующей породы, возможно, послужило также одной из причин более длительной стадии подзолообразовательного периода.

Таким образом, в современный период, отличающийся появлением луговостепной растительности, характер песков значительно меняется. В них, как видно из предыдущего, отмечается профиль черноземных песчаных почв, как выражение дернового процесса. Относительной мощности перегнойный горизонт сменяется переходным горизонтом и материнской породой. При этом в характере задернованности и составе травянистой растительности отмечается определенная последовательность. Степень задернованности и в меньшей степени гумусированности в песках имеет громадное значение, так как эти факторы определяют дальнейшую податливость песков к развеванию. Признаки задернованности и гумусированности также весьма характерны для дерновых почв; поэтому они положены нами в основу приведенной выше группировки песков. Безусловно, нужно считать установлен-

ным (И. В. Тюрин, 1935), что характер и состав органического вещества почв дернового процесса различен по сравнению с почвами подзолистого типа.

Дерновый процесс в области песков Среднего Донца представлен определенной последовательностью развития луговостепной растительности. Первая стадия зарастания сыпучих голых песков характеризуется наличием отдельных экземпляров псаммофитов — корневищевых злаков (*Elymus giganteus*, *Agropyrum dasyantum*, *Calamagrostis epigeios*), «вынужденно-корневищевых» — кустарниковых ив (*Salix acutifolia* и *Salix rosmarinifolia*), песчаной осоки (*Carex ligerica*) и полукустарниковой песчаной полыни (*Artemisia arenaria*).

Слабо задернованные маломощные черноземные пески, образовавшиеся при зарастании разбитых голых песков, характеризуются стадией корневищевых и стержнекорневых упомянутых выше растений, Количество зарослей корневищевых растений и «вынужденно-корневищевых» кустарников увеличивается. Кроме того, здесь появляются стержнекорневые многолетники (*Euphorbia gerardiana*) и двулетники (*Syrenia angustifolia*, *Centaurea breviceps*).

Задернованные среднемощные черноземные пески представлены по преимуществу стадией стержнекорневых растений, вытесняющих длиннокорневищевые растения, имеющиеся в меньшем количестве. К ним присоединяются преобладающие в растительном покрове *Artemisia inodora*, *Euphorbia gerardiana*, на глубоко гумусированных песках *Thymus odoratissimus*. В дальнейшем поселение рыхлокустовых и плотнокустовых злаков *Koeleria glauca* и *Festuca Beckeri* и в небольшом количестве *Stipa Ioannis* характеризует образование вторичной степи.

Мощные черноземные пески развиваются в понижениях различной глубины. В соответствии с более благоприятными условиями воды и пищи в понижениях по сравнению с повышенной частью холмов развитие травянистой растительности является относительно мощным.

В понижениях отмечается более темная окраска и несколько большая мощность гумусового горизонта по сравнению с среднемощными черноземными песками. Растительные остатки разлагаются более медленно. В соответствии с указанными условиями почвообразования пески понижений имеют большую гумусированность. Признаки их: перегнойный горизонт А серого цвета, песчаный, рыхлый, имеет мощность 30—50 см, переход постепенный к нижеследующему, переходному горизонту В 40—50 см. В материнской породе иногда развиваются ортзандовые узкие (в поперечнике 1—3 мм) бурые железистые прослои.

Химические свойства мощных черноземных песков характеризуются данными разрезов 350, 8, 71, 62 табл. 5. Содержание гумуса в верхнем горизонте колеблется в пределах от 0.3 до 0.8 %, книзу постепенно уменьшаясь. Значительное колебание величин в верхнем горизонте объясняется тем, что верхний наносный слой песка имеет различную гумусированность. В соответствии с более благоприятными условиями развития травянистой растительности, более медленным разложением растительных остатков, происходит большее накопление гумуса в сравнении с среднегумусированными песками, развивающимися в холмистой части территории.

Сумма поглощенных оснований и гидролитическая кислотность составляют малую величину, колеблясь в перегнойном горизонте от 0.8 до 1.3 м-экв. на 100 г почвы. H колеблется от 1.2 до 1.6 м-экв. на 100 г почвы.

Таким образом, мощные черноземные пески содержат относительно малое количество элементов пищи растений, что находится в непосредственной связи с крупностью элементов, входящих в механический состав почвы, характеризуемой, как тонкопесчапая.

При пастьбе скота и других факторах, обусловливающих разбивание травянистого покрова, мощные черноземные пески в меньшей степени, чем среднемощные черноземные, при воздействии ветра приходят в движение и переносятся с образованием бугров.

Таблица 5

Содержание гумуса, общего азота, поглощенного кальция, суммы поглощенных оснований и гидролитической кислотности

№ разреза	Название почв	Горизонт	Глубина в см	% гумуса	% общего азота	М-экв. на 100 г почвы		
						поглощенного Ca	суммы поглощенных оснований	гидролитическая кислотность
8	Мощные черноземные пески	A_1	0—15	0.693	—	—	0.81	1.33
		A_1	33—47	0.424	—	—	1.13	1.40
		B	72—90	0.210	—	—	0.96	0.70
71	То же	Нанос.	0—10	0.784	0.065	0.99	1.12	1.20
		A	18—30	0.609	0.069	1.02	0.82	1.61
		B	71—87	0.221	—	—	0.44	1.25
62	»	A	5—18	0.502	0.040	—	1.38	1.61
		B	60—72	0.219	—	—	0.58	1.16
		C	145—155	0.165	—	—	0.32	0.53
350	»	A_1	0—15	0.488	0.042	—	0.96	1.52
		A_1	44—58	0.249	—	—	0.96	0.89
		B_1	68—78	0.169	—	—	0.64	0.76
		B_2	94—108	0.202	—	—	0.77	2.24
		C	150—160	Не опр.	—	—	0.54	0.44
44	Разбитые голые пески	C	2—15	0.117	—	0.22	0.41	0.48
		C	72—89	0.068	—	—	0.48	0.40
		C	113—130	—	—	—	0.44	0.34
12	То же	C	0—12	0.146	—	—	0.21	0.37
		C	75—88	0.197	—	—	0.29	0.40
		Погреб. гор. A	160—170	0.299	—	—	0.81	2.14
34	»	C	0—10	0.168	—	0.35	0.32	0.52
		C	60—71	0.158	—	—	0.10	0.34

В некоторых случаях происходит надувание несцементированного песка на задернованные гумусированные пески, вследствие чего на поверхности большинства гумусированных песков часто находится различной мощности наносный слой.

Разбитые незадернованные среднемощные черноземные пески развиваются из предыдущих разностей. При наличии больших передвижений по задернованным пескам — людей, машин и животных — постепенно травянистая растительность выбивается и уничтожается. При этом поверхность песков становится голой. Передвижение по таким ничем не сцементированным пескам становится затруднительным. При воздействии ветра данные пески легко переносятся, образуя очаги развевания и выдувания.

Разбитые голые пески развиваются на буграх — «кучугурах» и котловинах выдувания между ними. Образование этих песков связано с последующим развитием предшествующего типа.

Поверхность разбитых песков голая, с наличием в некоторых случаях весьма редкого травостоя из псаммофитов.

Приводимые в движение сыпучие пески отличаются от всех предыдущих типов своим строением. В них совершенно отсутствует перегнойный горизонт, с поверхности до глубины 2 м и ниже находится однородный светложелтый или белый песок с косыми (неправильными) тонкими прослоями (1—3 мм шириной), отличающимися крупностью кварцевых зерен. В некоторых случаях в сыпучих песках обнаруживается на различной глубине погребенный горизонт почвы.

Разбитые пески при дальнейшем зарастании переходят в стадию покоя, эволюционируют в слабо задернованные маломощные черноземные пески.

Обратимся к рассмотрению химических свойств разбитых голых песков. Перегнойные вещества в этих почвах образуются в ничтожных количествах (табл. 5, разрезы 44, 12, 34). В силу интенсивно идущего процесса дефляции сыпучих песков, прогрессивного выноса, переноса и наноса задернованность в них отсутствует.

Сумма поглощенных оснований, гидролитическая кислотность, легкоусвояемая фосфорная кислота и калий представлены в ничтожных количествах (практически отсутствуют).

Слабо задернованные маломощные черноземные пески представлены по буграм; обычно они встречаются в комплексе с разбитыми голыми песками или окружают их.

Слабо задернованные маломощные черноземные пески имеют следующие признаки. Перегнойный горизонт А светлосерый, имеет мощность 5—15 см, тонкопесчаный, рыхлый, бесструктурный. Ниже перегнойного горизонта находится горизонт С — материнская порода, представленная светложелтым или белым кварцевым влажным песком с неправильно идущими горизонтальными прослойками. Часто на различной глубине обнаруживается погребенный горизонт почвы.

На основании вышеприведенных материалов необходимо считать, что исследованные донецкие пески имеют древнеаллювиальное происхождение и перекрыты древними и современными эоловыми отложениями. Наличие лесных площадей, по преимуществу сосны, о чем свидетельствуют уцелевшие на территории лесные куртины, удерживало пески от раздувания. В дальнейшем леса бессистемно вырубались, и площадь была занята под сельскохозяйственные угодья (поля, выгоны и пр.).

Бессистемной пастьбой скота, в некоторых случаях часто распашкой, увеличением дорог, уничтожением деревянистой и травянистой растительности человек способствовал разбиванию поверхности песчаного массива. Процесс дальнейшего разбивания песчаного массива был продолжен ветром. Задернованные гумусированные пески с наличием травянистого покрова при уничтожении последнего становились легкоподвижными и легко переносились ветром на территории песчаного массива. В гумусированных песках сдувается вся верхняя и средняя часть профиля до ортзандовой прослойки, если она имеет место. В этом случае обнаруживается на поверхности плотный железистый ортзандовый горизонт, в других случаях — более рыхлый. В первом случае поверхность песка представляет голую плотную корку. В отдельных местах образуются котловины выдувания — «выдуи». Затем котловины выдувания сливаются между собой в одно песчаное сыпучее море.

В соответствии с изменениями, происходящими при воздействии растительности, представляется возможным указать следующую общую тенденцию, существовавшую при развитии песков: разбитые голые пески → слабо задернованные, маломощные черноземные → среднемощные черноземные → мощные черноземные пески.

Исходя из анализа условий образования легко развеваемых и выдуваемых песков, нельзя допускать сплошной вырубки леса на всей территории. Вырубая лес, необходимо оставлять на территории полосы, в которых де-

ревья могли бы служить защитой от выдувания легких песчаных частиц. Такие же предосторожности нужно соблюдать при распахивании песков, занятых травянистой растительностью, так как многолетние травы своими корнями и подземными стеблями связывают пески. Чем обширнее обнаженная поверхность, тем больше будет выдуваться песок. Поэтому правильнее пахать задернованные участки полосами. Для борьбы не со следствиями, а с причинами развевания песков необходимо применение не отдельных приемов, а системы агромероприятий. В. П. Бушинский (1939) указывает, что «главное в социалистической агротехнике — выполнение комплекса целой системы агротехнических приемов».

Большим распространением в хозяйствах на песках пользуется применение зеленого удобрения. Действие зеленого удобрения увеличивается, если с ним применяются другие удобрения — фосфорнокислые, калийные и известь. Этот вопрос требует дополнительной экспериментальной проработки.

Громадное значение в закреплении песков имеют многолетние травы — рыхлокустовые злаки и бобовые растения. Рыхлокустовые злаки, развивая мощную корневую систему, после отмирания оставляют большое количество растительных остатков в почве. Последние при разложении образуют свеже осажденный перегной. Посев рыхлокустовых злаков и бобовых растений является одним из необходимых мероприятий для создания структуры почвы и связывания песков. Для данной территории представляется возможным рекомендовать в качестве рыхлокустовых злаков житняк, в качестве бобовых — желтую и песчаную люцерну. Однако этот вопрос требует дополнительной экспериментальной разработки.

В песчаных областях потребность в сеяных травах не только назрела, но и является единственным выходом для местного животноводства. Посев трав дает возможность перевести скот на песках на стойловое содержание. В виду того, что пастьба скота оказывает вредное действие, обусловливающее разбивание песков, перевод скота на стойловое содержание служит главнейшей мерой, обеспечивающей сохранение и задержание песков. Искусственное травосеяние дает большие перспективы развитию мясо-молочного хозяйства и пчеловодства.

Важнейшими отраслями хозяйства на песках с суглинистыми прослойками или погребенными горизонтами луговых и черноземных почв на глубине от 0.25 до 2 м (С. С. Соболев) представляется виноградарство и садоводство. Наиболее благоприятными условиями для этих целей являются участки с залеганием грунтовых вод на глубине 1.5—2 м.

Лесоразведение на песках имеет свои специфические цели. Без лесных культур не может быть осуществлена мелиорация песков. Площади голых разбитых песков при сохранении древесных растений могут быть вновь обращены под сельскохозяйственные культуры. Наличие суглинистых прослоек, а также погребенных луговых или черноземных почв на глубине от 0.25 до 2 м, залегание почвенногрунтовых вод на глубине 1—2 м —являются благоприятными условиями для некоторых древесных пород (сосна, дуб, белый тополь, осокорь).

ЛИТЕРАТУРА

Архангельский А. Д. Геологическое строение СССР, вып. 2, М.—Л., 1934.
Бушинский В. П. Агротехника высоких урожаев. Большевик, № 17, М., 1939.
Вильямс В. Р. Почвоведение. Сельхозгиз, Москва, 1939.
— Луговодство и кормовая площадь. Сельхозгиз, М., 1938.
— Естественно-исторические основы луговодства. Общее земледелие, ч. II, М., 1922.
Высоцкий Г. Н. Лесоводные очерки. 1924.

Высоцкий Г. Н. Почвообразовательные процессы в песках. Материалы по исследованию песков России и СПб., 1914.
Гаель А. Г. Пески нижнего Дона. Сельхозгиз, М., 1930.
Гожев А. А. Пески среднего Дона. Сельхозгиз, М., 1930.
Докучаев В. В. К учению о зонах в природе. СПб., 1899.
— Русский чернозем. СПб., 1883.
Дубянский В. А. Песчаная пустыня Кара-кумы. Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции, т. XIX, № 4, Л., 1928.
Костычев П. А. Почвы черноземной области России, 1885.
Крокос В. И. Матеріали до характеристики четвертичных покладів східної та південної України. Харьків. Вып. 5, 1927.
— Некоторые данные по геологическому строению террас южнорусских рек. Записки Новороссийского общ. естествоиспытателей, т. 42, Одесса, 1918.
Лавренко Е. М. Степи СССР. Сборник «Растительность СССР», т. II, Акад. Наук, М.—Л., 1940.
Махов Г. Г. Грунты нижнеднепрянских песков в тасумежного лесового степу. Почвоведение, № 2, 1926.
— Почвенная карта Украины в 25-верстном масштабе. Материалы обследования почв Украины, 1927.
Мирчинк Г. Ф. Геология четвертичных отложений. Москва, 1934. На правах рукописи.
— Из четвертичной истории равнины Европейской СССР. Геологический вестник, 1927.
Полынов Б. Б. Пески Донской области, их почвы и ландшафты. Почвоведение, № 3—4, 1924; № 1—2, 1925.
— Формы рельефа песчаных ландшафтов. Изв. АН СССР, № 6—7, 1928.
Прасолов Л. И. (при участии Герасимова И. П.) Генетические типы почв и почвенные области Европейской части СССР, т. I, М.—Л., 1939.
Соколов Н. А. Дюны, их образование, развитие и внутреннее строение. 1884.
Соболев С. С. Учение о пойме как основа для изучения геоморфологии речных долин. Почвоведение, № 5—6, 1935.
— Террасы р. С. Донца и его притоков. Харьков, 1936.
— К методике экспедиционных почвенных исследований песков степи и лесостепи Европейской части СССР. АН СССР, 1938.
Тюрин И. В. К характеристике дернового процесса почвообразования. Сб. 50 лет научной, педагогич. и обществ. деятельности акад. В. Р. Вильямса. М., 1935.

Н. Н. НИКОЛЬСКИЙ

КАФЕДРА ПОЧВОВЕДЕНИЯ ТСХА

К ВОПРОСУ О РАЗВИТИИ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВЫ, КАК СЛЕДСТВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ, И РОЛИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ФОРМАЦИЙ

В своем классическом труде «Почвоведение» акад. В. Р. Вильямс с достаточной полнотой и исчерпывающе показал и доказал роль и значение растительных формаций в процессах почвообразования и развития в почвах, как следствия проявления их деятельности, тех или иных свойств.

С точки зрения почвоведения акад. В. Р. Вильямс под растительными формациями или группировками понимает симбиотическое сожительство при известных условиях среды определенных групп высших растений и сопутствующих им групп низших растений и микроорганизмов.

В своих работах по изучению органических веществ, проверенных им в специально устроенных лизиметрах с различными почвами и породами, акад. В. Р. Вильямс достаточно хорошо проследил развитие существенных свойств почв, получающихся под влиянием основных групп растительных формаций — деревянистых (подзолистый процесс) и многолетних травянистых (дерновый процесс). Среди свойств почв особое место занимает кислотность почвы, находящаяся в зависимости от качественного и количественного распределения катионов и анионов по различным почвенным типам и разностям.

Из работ акад. В. Р. Вильямса имеется полная возможность не только делать вывод, но и прослеживать динамику кислотности почвы, особенности распределения катионов и анионов, причем эти свойства, по-разному проявленные, например в подзолистых и дерновых почвах, полностью зависят от воздействия соответствующих растительных формаций.

Исследование процессов, обусловливающих проявление кислотности в почвах, относится к актуальным вопросам почвоведения. Многочисленные работы в этом направлении до настоящего времени еще не дали полного его разрешения.

Производство, — этот наиболее строгий контроль над эффективностью научных выводов и теорий, — еще не получило достаточно точно обоснованных мероприятий, позволяющих изменять в почве реакции в сторону, наиболее благоприятную для развития сельскохозяйственных растений.

Например, применяющиеся нормы извести, способы и время ее внесения часто подвергаются пересмотру в зависимости от почвенной разности, физиологических особенностей сельскохозяйственных растений, порядка чередования культур в севооборотах и пр. Самая методика определения потребности почвы в извести далека от совершенства.

Сельскохозяйственное производство настоятельно требует дальнейших научных изысканий и разрешения проблемы регулирования реакции почвы.

Для последующих работ в этом направлении весьма существенно синтезировать весь накопленный наукой опыт и те основные теоретические направления, которые к настоящему времени уже получили достаточное оформление. Мы в своей статье останавливаемся на взглядах В. Р. Вильямса, крупнейшего ученого почвоведа и агронома СССР, много работавшего над вопросами поднятия плодородия почвы, в частности по борьбе с кислотностью почвы на основе развития и направления процессов почвообразования.

В настоящей статье остановимся на интересующем нас вопросе только в отношении дерново-подзолистых почв, распространенных в северной нечерноземной полосе СССР.

По В. Р. Вильямсу, культурное растение требует слабокислой реакции почв, но это требование в природных условиях беспрерывно стремится быть нарушенным.

Основными причинами, вызывающими повышенную кислотность дерново-подзолистых почв, В. Р. Вильямс считает два момента: вымывание углекислого кальция из почвы нисходящим током воды в глубокие горизонты породы и накопление в почве свободных кислот, образующихся в результате биохимических процессов, в результате воздействия растительных формаций.

Отмечая общность природных явлений для всех почв, развивающихся на алюмосиликатной морене, В. Р. Вильямс рассматривает развитие кислотных свойств дерново-подзолистых почв дифференцированно в зависимости от периода и стадии единого почвообразовательного процесса.

Наиболее интенсивно кислотность почв проявляется в результате подзолообразования и прогрессирующего заболачивания.

Вещества, обусловливающие кислые свойства почв, распадаются на различные группы. Как следствие жизнедеятельности микроорганизмов, грибов, аэробных и анаэробных бактерий, возникают сложные органические соединения точно не установленного пока химического состава. Они носят название креновой, гуминовой и ульминовой кислот. Креновая кислота — продукт жизнедеятельности грибов — встречается в растворимой форме; она играет большую роль в подзолообразовании, способствуя выносу из подзолистого горизонта катионов, нейтрализующих почвенные кислоты.

Гуминовая и ульминовая кислоты образуются под влиянием жизнедеятельности бактерий, первая — аэробных, вторая — анаэробных. Они встречаются в двух модификациях: растворимой и денатурированной, не растворимой в воде. Основу перегноя составляют денатурированные формы гуминовой и ульминовой кислот — гумин и ульмин, вещества, представляющие собою характерные образования луговой стадии дернового процесса и встречающиеся преимущественно в дерновом горизонте. Ульминовая кислота наблюдается также в рудяковом горизонте, где ее возникновение связано с происходящим здесь анаэробным процессом.

При анаэробном разложении органических остатков образуется ряд органических кислот — масляная, изомасляная, молочная, лимонная и др.

Отмершие остатки древесной растительности, содержащие дубильные вещества, смолы, и пр., дают начало группе органических соединений кислого характера.

Минеральные сильные кислоты почвы представлены: азотной и азотистой кислотами, образующимися при разложении органических остатков, фосфорной кислотой, образующейся при разрушении белков и углеводов, серной кислотой — продуктом разложения белков.

При подзолообразовании устойчивая кислая реакция подзолистого горизонта создается в результате выщелачивания кальция креновой кислотой, передвигающейся вместе с нисходящим током воды и находящейся

в избытке по отношению к нейтрализующим ее основаниям. В подзолистом горизонте происходит расщепление каолина креповой кислотой; при этом выделяющаяся кремневая кислота постепенно дегидратируется и выпадает в виде аморфного порошка, образующего фракции пыли. Кремневая кислота, выделившаяся при выветривании горных пород, относится к той же категории пыли. Алюминий в виде растворимого крената алюминия переносится в рудяковый горизонт.

Наличие креновой кислоты и дубильных веществ в лесной подстилке поддерживают в ней постоянную кислую реакцию.

Развитие луговой стадии дернового периода почвообразования, обусловленное преобладанием в травяном покрове многолетних корневищных и особенно рыхлокустовых злаков, а также широким распространением многолетних бобовых, характеризуется слабо кислой реакцией дернового горизонта почвы, вследствие ежегодной денатурации гуминовой и ульминовой кислот и накопления в верхнем горизонте почвы кальция. Последний выделяется в виде кальциевых солей сильных кислот при аэробном разложении растительных остатков, в особенности многолетних бобовых. Ионы кальция постепенно замещают поглощенные ионы водорода и одновалентных катионов в почвенном поглощающем комплексе, особенно при достаточном количестве перегнойных коллоидов, получающихся при разложении многолетних злаков.

На этом этапе почвообразовательного процесса дерновый горизонт характеризуется хорошо выраженной, устойчивой против размывающего действия воды, структурой, способствующей развитию микробиологической деятельности и образующей прочные запасы воды и пищи.

Основными причинами, вызывающими повышенную кислотность почв луговой стадии почвообразования, В. Р. Вильямс считает прогрессирующее накопление органических остатков и аморфного перегноя в верхнем горизонте почвы при одновременном все нарастающем недостатке кальция для нейтрализации кислых продуктов. Большие массы органического вещества дернового горизонта только в наружном, тонком слое имеют соприкосновение с кислородом. Здесь идет аэробный процесс, а во внутренней массе органического вещества господствует анаэробиозис. Анаэробный процесс усиливается во всех нижележащих горизонтах почвы. Анаэробные бактерии в рудяковом горизонте восстанавливают свободную окись железа и окись железа, связанную с апокреновой кислотой, в закись — наступает оглеение. Ион двухвалентного железа проявляет большую активность: он вытесняет кальций из солей и изменяет растворимость ряда органических и минеральных кислот. В частности, он способствует образованию нерастворимых соединений серы и фосфора.

Накопление растительных остатков, содержащих азот, фосфор и серу в неусвояемой для растений форме, и переход в нерастворимые соединения серы и фосфора рудякового горизонта, вызывают азотный, фосфорный и серный голод для автотрофно питающихся травянистых растений. Их сменяют микотрофнопитающиеся, в первую очередь плотнокустовые злаки, создающие накопление органических остатков на поверхности почвы в виде кочек. В массе органического вещества кочек идет анаэробный процесс. В пропитывающей кочки воде накапливается ульминовая кислота.

В дерновом горизонте почвы, богатом органическим веществом, под влиянием жизнедеятельности грибной микрофлоры накапливается креновая кислота. Присутствие ульминовой и креновой кислот в первую очередь способствует возникновению кислой реакции в заболачивающейся почве.

В природных проявлениях почвообразовательного процесса отдельные стадии почвообразования на известном этапе развития почв протекает весьма часто одновременно на исследуемой территории. Каждая из стадий почвообразования накладывает свой отпечаток на проявление кислотности

в почве. Однако указанные выше основные причины, обусловливающие развитие кислых свойств почвы, всюду сохраняют свое доминирующее значение. Выщелачивание кальция и накопление свободных кислот — продуктов жизнедеятельности микроорганизмов — проявляются с различной интенсивностью в зависимости от стадии почвообразования, вернее от совокупности условий, в которых протекает развитие почвы. Но общая тенденция, направленная к прогрессивному развитию этих явлений, неизменно сохраняется.

Накопление свободных кислот в почве ведет к повышению актуальной кислотности и одновременно влияет на подавление жизнедеятельности микроорганизмов в почве.

В. Р. Вильямс так объясняет действие свободных почвенных кислот на микрофлору. Перегнойные кислоты, как секреторные выделения микроорганизмов, и остальные слабые и сильные кислоты, как продукты обмена веществ различных групп почвенных микроорганизмов, представляют собою яды по отношению к той группе организмов, которая их выделила. Поэтому, по мере их выделения и, следовательно, по мере увеличения актуальной кислотности почвы, прогрессивно угнетается деятельность определенного типа микроорганизмов.

Под воздействием аэробного процесса, охватывающего различные толщи почвы в зависимости от стадии почвообразования, незначительные количества азотной и фосфорной кислот выделяются в виде растворимых кальциевых солей малой концентрации.

Эти соли практически полностью диссоциированы на ионы. Катион кальция вытесняет ион аммония, поглощенный из атмосферных осадков перегноем. В почве после нитрификации аммония остаются свободные сильные кислоты, также в значительной степени диссоциированные. Ионы водорода вытесняют ионы кальция из аморфного перегноя, увеличивают обменную кислотность почв и их ненасыщенность основаниями. Вытесненный ион кальция находится в почвенном растворе в азотнокислых, сернокислых и фосфорнокислых солях. Эти соли частично вымываются из почвы, а частью их анионы поглощаются корнями растений и микроорганизмами. В последнем случае ион кальция, реагируя с углекислотой, образует углекислую известь, также вымываемую из почвы в виде бикарбонатов.

Недостаток углекислого кальция обусловливает нейтрализацию части свободных сильных кислот гидратированными окислами железа и алюминия. Из нитратов железа и алюминия, при усвоении растениями и микроорганизмами почвы аниона азотной кислоты, ион железа переходит в гидрат окиси, ионы алюминия поглощаются перегноем, усиливая обменную кислотность почвы и придавая ей большую устойчивость, вследствие трудности вытеснения ионов алюминия из поглощенного состояния.

При образовании фосфатов железа и алюминия происходит ретроградация фосфорной кислоты; она становится недоступной зеленым растениям.

Таким образом, по В. Р. Вильямсу, прогрессирующая кислотность почвы вызывается выщелачиванием кальция и накоплением свободных кислот, образующихся при биохимических процессах.

Минеральные продукты выветривания — каолин, кремневая кислота, свободная гидроокись железа и др. (кроме углекислых солей кальция) — играют подчиненную роль.

В. Р. Вильямс отмечает значительное влияние алюминия на устойчивость обменной кислотности, но гидроокись алюминия и свободный ион алюминия, по В. Р. Вильямсу, появляются в почве при расщеплении каолинового ядра деятельностью грибной микрофлоры, выделяющей особого типа кислые продукты, называемые креновой кислотой.

Этот взгляд на микробиологическую деятельность, как на первоисточник образования кислых продуктов в почве, находит себе подтверждение в ис-

следованиях акад. В. И. Вернадского. В своей статье «Биогеохимическая роль алюминия и кремния в почвах» В. И. Вернадский утверждает, что всюду в почве идет новообразование свободных кристаллических каолиновых алюмокислот и оксиалюмокислот (каолиновых глин), находящихся в тончайших фракциях почв.

Кристаллические каолиновые алюмокислоты, по мнению автора, образуются в результате жизнедеятельности бактерий и, повидимому, грибов, питающихся калием из полевых шпатов и слюд.

В. И. Вернадский считает, что одновременно с бактериальным образованием свободных каолиновых алюмокремневых кислот в почвах идет более глубокий процесс разложения каолинового ядра — отделение алюминия от кремния биохимическим путем — действием диатомовых водорослей, всегда находящихся в почве.

Взгляды В. Р. Вильямса на возникновение и развитие почвенной кислотности подтверждаются данными ряда других исследователей.

Так, по мнению Раманна, Ланга и др., процесс выветривания массивно кристаллических горных пород способствует возникновению щелочной реакции водного раствора, так как образующиеся при этом карбонаты и бикарбонаты щелочей и щелочноземельных металлов, вследствие гидролиза, создают повышенную концентрацию OH-ионов по сравнению с концентрацией H-ионов минеральных кислот типа H_2SiO_3. Здесь мы видим полное совпадение с мнением В. Р. Вильямса, который считает, что щелочная реакция почвенного раствора будет сохраняться до тех пор, пока нисходящий ток воды не вынесет карбонаты щелочных и щелочноземельных металлов в глубокие горизонты породы.

В пользу взглядов В. Р. Вильямса говорят и наблюдения ряда исследователей над пространствами суши, лишенными растительности, в поясе пустынь и на Крайнем Севере. Эти наблюдения подтверждают то основное положение, что поверхностные образования земной коры, лишенные растительности, имеют преимущественно щелочную реакцию. Ясно выраженная щелочная реакция пород и почв совпадает с районами, имеющими малое количество осадков. Но там, где осадки достигают значительной величины, мы не встречаем больших пространств, занятых обнаженной материнской породой. Сюда относятся только местные образования, связанные с действием аллювиальных и делювиальных потоков, размывающих или дающих наносы на участках, которые раньше были заняты растительностью.

Таким образом, мы еще не имеем достоверных фактов, подтверждающих возникновение кислой реакции водных растворов в верхнем горизонте земной коры, лишенном растительности. Во всяком случае на сколько-нибудь значительных площадях поверхности суши такого явления не наблюдается.

Для иллюстрации положения Вильямса о роли растительных формаций в развитии почвенной кислотности приведем в качестве примеров некоторые данные наших исследований дерново-подзолистых почв (Московской и Калининской обл.), залегающих на покровном суглинке и легком песчаном суглинке.

Исследования нами производились на ровной, слабо наклонной поверхности, занятой пашней и лесом, состоящим из мелколиственных и хвойных пород и находящейся в одном массиве.

Аналитические данные показывают следующие изменения в реакции почвы в зависимости от характера растительности (табл. 1).

Наиболее низкие значения pH и максимальная гидролитическая кислотность наблюдается под лесом и заболоченным кустарником. Данные по сумме поглощенных оснований показывают обратную картину: наибольшие их величины получены из почв, взятых с травяного поля (клевер + тимофеевка) и со старопашки.

Таблица 1

Глубина в см	pH солевой вытяжки (обм. кисл.)	Гидролитическая кислотность Н	Сумма поглощенных оснований
На покровных суглинках			
	Старопашка		
0—20	5.58	2.15	8.39
	Тимофеевка + клевер 2-го года		
0—20	5.17	2.86	12.07
	Лес		
0—20	3.64	9.37	5.82
Заболоченный кустарник (разрез сделан на луговине)			
0—20	3.84	8.23	5.32
На легких песчаных суглинках			
	Старопашка		
0—18	5.6	2.81	8.52
18—45	5.4	1.4	8.28
45—80	5.8	1.3	14.62
80—121	6.5	0.6	16.74
	Тимофеевка + клевер 2-го года		
0—15	5.8	2.4	5.64
15—26	5.5	1.6	6.79
26—82	5.0	2.6	13.81
82—107	6.0	1.6	14.62
	Лес		
0—13	4	6.10	6.21
13—37	4.2	3.3	4.26
100—119	7	—	—

Приведенные численные материалы подтверждают установленную В. Р. Вильямсом и действительно существующую в природе постоянную связь между древесной растительностью и развитием кислых свойств дерново-подзолистых почв. И обратно, травянистая растительность (злаки + + бобовые) приводит к уменьшению ненасыщенности почвы основаниями, т. е. к ослаблению кислотности почвы, что опять-таки полностью согласуется со взглядами В. Р. Вильямса.

На природу почвенной кислотности существуют различные точки зрения, которые в пределах этой статьи не представляется возможным подробно анализировать.

Ряд ученых (Гедройц, Каппен, Дайкухара и др.), дающих теоретическое обоснование почвенной кислотности, концентрируют свое внимание преимущественно на процессах, происходящих в минеральной части почвы, и почти не затрагивают воздействие растительных формаций на почву.

Мы не стремимся отрицать или недоучитывать значения абиотических адсорбционных и химических явлений в почве, оказывающих определенное влияние на развитие почвенной кислотности. Однако эти явления в общей совокупности всех процессов, протекающих в почве, нельзя считать доминирующими над деятельностью растительных формаций.

Правильный диалектический анализ природных явлений, данный В. Р. Вильямсом, несомненно, послужит основанием для теоретического разрешения вопроса о природе кислотности почвы и для успешного применения этих теоретических обобщений в практике социалистического сельского хозяйства.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

СБОРНИК ПАМЯТИ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

П. А. ЛЕТУНОВ

ВСЕСОЮЗНЫЙ ИНСТИТУТ УДОБРЕНИЙ, АГРОТЕХНИКИ И АГРОПОЧВОВЕДЕНИЯ (ВИУАА) ИМЕНИ АКАД. К. К. ГЕДРОЙЦА

ПОЧВЫ ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ДОЛИНЫ И ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ

«...почвообразовательный процесс на поверхности суши земного шара представляет один грандиозный по своему пространственному выражению и по своей длительности во времени процесс воздействия биологических элементов природы на продукты абиотического изменения горных пород. Отдельные типы почвообразовательного процесса, представляющие в сущности лишь отдельные фазы развития этого процесса, неразрывно связаны друг с другом и совершенно незаметно и постепенно эволюционируют один в другой. И часто реликтовые свойства одной, предыдущей фазы развития процесса являются одновременно зачатками свойств другого процесса».

В. Р. Вильямс (1926)

В течение ряда лет бывш. Государственный институт изучения природы и хозяйства засушливых областей, организованный по инициативе акад. В. Р. Вильямса из станции по изучению солонцов, изучал почвенный и растительный покров чрезвычайно интересного в природном отношении и имеющего большое народнохозяйственное значение района Волго-Ахтубинской поймы и дельты р. Волги. В 1922—1925 гг. почвовед Т. А. Смолина изучала почвенный и растительный покров на островах дельты и собрала весьма ценный материал по характеристике механического состава, содержанию гумуса, карбонатов и засоленности дельтовых почв в связи с рельефом и растительностью дельтовых островов. В 1925 г. она же совместно с инженером-агрономом А. Н. Волконским провела почвенно-ботанические и культурно-технические исследования ряда обвалованных участков дельты и поймы.

В 1927—1929 гг., во время работ Астраханской почвенной экспедиции ГИЗО и Московского почвенного института, мною с участием ряда товарищей[1] изучался почвенный покров Волго-Ахтубинской долины и дельты

[1] В проведении работ принимали участие в качестве почвоведов-экскурсантов и практикантов следующие товарищи: студенты ТСХА— Т. С. Скурихин, П. М. Юдин, Лобанов и студенты 2-го Московского государственного университета — А. К. Ларионов, А. Матвеев, П. С. Шестакова и Н. В. Куклин. В 1930 г. Б. Н. Фирфаров и Фирфарова, работая самостоятельным отрядом, исследовали северную часть долины. В исследовании по ряду маршрутов принимал участие В. В. Петровский. Аналитическая обработка выполнялась в лаборатории ГИЗО под руководством М. Г. Рыженковой и К. К. Белавина и в лаборатории Института агропочвоведения и Московского почвенного института под руководством Е. П. Троицкого.

Волги в пределах бывш. Астраханского округа. За это время была проведена маршрутная съемка поймы, начиная от Черного Яра вниз по течению до Каспийского моря. В 1930 г. было завершено исследование и северной части долины, от Сталинграда до Черного Яра, начатое в 1927 г. Л. И. Иозефовичем. В том же 1930 г. старший научный сотрудник М. Г. Рыженкова, работавшая в составе руководимой мною почвенно-мелиоративной партии, исследовала засоленность почв ряда обвалованных участков в связи с орошением бэровских бугров и лиманным затоплением обвалованных ильменей. Гидрогеологическая характеристика исследованных в этом году участков была выполнена под руководством проф. А. В. Рожковского специальной партией. В 1930 г. А. Г. Курганский провел крупномасштабную съемку (1 : 25 000) пойменной части Черноярского района. Непосредственное руководство всеми исследованиями осуществлял проф. В. П. Бушинский. По его идее при изучении почвенного покрова долины и дельты Волги в 1928 г. были поставлены стационарные исследования водного и солевого режима почв в ряде пунктов поймы и дельты: на обвалованном и орошаемом участке с. Сасыкольского в средней части долины и на обвалованном участке дельты в с. Башмаковке в 13 км к югу от г. Астрахани (П. А. Летунов, И. М. Юдин и А. А. Матвеев), на луговом участке Красноярского опытного поля (Б. Д. Ермолаев) и в северной части поймы в Бурковских хуторах (М. Г. Рыженкова).

Ниже излагаются основные результаты исследований, проведенных мною за эти годы, с использованием части названных выше материалов по исследованиям Волго-Ахтубинской поймы.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ

Волго-Ахтубинская долина, начинаясь несколько выше г. Сталинграда в виде широкой 20—30-километровой полосы, тянется до г. Астрахани. Здесь она переходит в обширную, веерообразно расширяющуюся к Каспийскому морю дельту.

Вся площадь Волго-Ахтубинской долины, считая в том числе и водную поверхность, прорезывающую в разных местах земельную территорию долины, а также разного рода «неудобные земли», по подсчетам Волго-Ахтубинского бюро достигает 817.5 тыс. га.

Вся территория дельты составляет площадь около 13.46 тыс. км^2. Из них на долю собственно современной дельты приходится около 7038 км^2 и около 6429 км^2 приходится на долю так называемых «западных и восточных подстепных ильменей».

По данным Всесоюзной сельскохозяйственной выставки 1940 г. и Сталинградского облплана, изо всей удобной для сельского хозяйства площади в 1 175 570 га используются под посевы 35 455 га, в том числе под посев овощных и бахчевых культур 15 611 га. Остальная площадь используется как сенокосные угодья и выгоны.

Климатические условия долины и дельты характеризуются высокой годовой температурой (от +8.0 до +9.7° С), большой продолжительностью вегетационного периода (для Астрахани, по многолетним средним, — 174 дня, с колебанием от 155 до 212 дней, для Сталинграда — с колебанием до 205 дней), сухим и жарким летом, малым количеством осадков и большим испарением (испарение превышает осадки не менее чем в 7—9 раз). Сумма температур за вегетационный период достигает достаточно большой величины и составляет 3200° (Сталинград) — 3536.5—3873.4° С (Астрахань).

По гидрографическим условиям Волго-Ахтубинская пойма и дельта Волги представляют сплошную сеть разной величины рек, протоков и рукавов, в большом количестве отходящих от основного волжского русла и во всевозможных направлениях пересекающих низменные пространства

займища и дельты. Всюду в Волго-Ахтубинской долине и дельте Волги имеется обильное количество пресной проточной воды, подача которой для оросительных целей очень легка. Существенным моментом во всей жизни рассматриваемого района является весенний разлив волжских паводковых вод. Заливая все низменные места долины и дельты, кроме наиболее высоких прибрежных грив, песчаных дюн и так называемых «бэровских бугров» дельты, весенние паводковые воды превращают долину и дельту в сплошное море воды и резко влияют на ход природных процессов (геологических, почвенных, биологических) и на весь уклад хозяйственной жизни района.

Весенний паводок достигает наибольшей высоты у Сталинграда. По мере движения к морю высота паводковой волны снижается довольно постепенно и быстро уменьшается при выходе вод из Волго-Ахтубинской долины в широкие пространства дельты. У Астрахани высота паводка почти в два раза ниже, чем в Сталинграде, а у острова Боаста и еще ниже.

В пределах дельты, по мере приближения к морю, весенняя волна становится все менее заметной и устьевые части волжских притоков начинают отражать влияние морского режима в большей степени, чем влияние весеннего паводка. В самой устьевой части отмечается несколько максимумов уровня речных вод, находящихся в прямой зависимости от нагонных южных, юго-восточных и юго-западных ветров (так называемых «морян»), создающих подпор волжской воды и подъем ее уровня, и ветров отгонных, дующих с северной стороны. «Моряны» вызывают в низовьях дельты частые наводнения.

Паводковые воды, выходя на поемные пространства, затопляют их на срок от 1.5—2 недель (по гривам) до 2.5 и более месяцев в наиболее пониженных местах. Длительность затопления несколько больше в дельте, чем в долине. Длительное затопление поймы паводком определяет своеобразный водный режим пойменных почв, слагающийся из накопления влаги за счет осенне-зимних осадков, быстрого его расходования ранней весной до начала паводка, сплошного насыщения почв и грунта водой в период половодья и повторного, еще более быстрого расходования воды после спада паводка. Паводком определяются режим наносов, динамика воднорастворимых солей в почвах, своеобразный двухфазный цикл развития поемной растительности, срок и длительность вегетационного периода для послеспадовых культур, а также необходимость крупных мелиоративных мероприятий по обвалованию участков поймы, предназначенных для интенсивного земледелия.

Высота и длительность паводка по отдельным годам резко неравномерны, что влечет за собой изменчивость в составе растительных группировок, колебания в урожаях и качестве сена. Кроме того, неравномерность паводка создает различные для разных лет условия увлажнения повышенных участков поймы, которые лишь частично распахиваются населением и используются для посева яровых культур, меняя оптимальные сроки обработки и посева, а в годы с исключительно высоким паводком делает невозможным использование ряда участков для посева послеспадовых культур, в виду позднего освобождения их от воды.

В паводковых водах содержание растворимых солей уменьшается в несколько раз по сравнению с меженными.

РЕЛЬЕФ И СТРОЕНИЕ АЛЛЮВИЯ

Рельеф долины и дельты формируется, главным образом, под воздействием эрозионно-аккумулятивной деятельности меженных и, особенно, паводковых волжских вод. В соответствии с этим, по мере продвижения от Сталинграда на юго-восток, к Астрахани и Каспийскому морю, наблю-

дается постепенное снижение общей высоты поемной террасы над меженным уровнем Волги. Рассеченность долины и дельты многочисленными рукавами и протоками влечет за собой развитие довольно сложного поемного микрорельефа. Обычная, наиболее часто наблюдающаяся, схема строения поверхности поймы и дельты представляет систему повышенных «грив», иногда песчаных дюн, идущих вдоль русел, омывающих острова, и системы различных размеров и очертаний понижений в некотором удалении от водотоков. Центральные части островов очень часто имеют характер замкнутых понижений, лишенных стока поверхностных вод, и в этих случаях острова изобилуют временными и постоянными водоемами и значительным развитием заболоченных площадей.

Развитые на территории Волго-Ахтубинского займища микроландшафты можно разделить на две основные группы:

а) районы прирусловых пойм, отличающиеся более высоким положением над меженью Волги, развитием более мощных легкосуглинистых и песчаных

иг. 1. Рельеф слоистой поймы в районе села Рождественки.

отложений, часто группирующихся в высокие дюны и богатых лесными насаждениями из осокоря и различных видов ивы; эти районы характеризуются резкой слоистостью своих отложений и частым чередованием положительных и отрицательных элементов поемного рельефа;

б) районы типа центральной поймы; характеризуются более низким, по сравнению с предыдущей группой, положением над меженью Волги. Формы рельефа гораздо спокойнее. Характерны невысокие спокойные гривы, широкие пологие склоны, мелкие, но пространственно обширные понижения, лишенные стока поверхностных вод или обладающие затрудненным поверхностным стоком; часто встречаются «ильмени» — мелкие озера из остатков полых вод, озера-старицы — следы постоянного блуждания русел и протоков Волги (фиг. 1).

Классическая схема строения поймы, установленная акад. В. Р. Вильямсом, с обособлением трех генетически различных областей — прирусловой, центральной и притеррасной пойм — в Волго-Ахтубинском займище значительно видоизменяется и осложняется: здесь почти совершенно выпадает последняя область (притеррасная). Причина этого явления заключается в том, что основные русла долины рр. Волги и Ахтубы в бо́льшей части своего течения вплотную или почти вплотную прижаты к обрывам степной террасы; близость русел к степной террасе накладывает резкий отпечаток «прирусловых» условий на части поймы, заключенные между террасой и ближайшим руслом.

Вторая причина затушеванности притеррасных областей лежит в глубоком залегании грунтовых вод степной части Астраханского округа.

Первый горизонт грунтовых вод степи представлен разорванными линзами верховодок, лежащих на несогласованных уровнях и не дающих сплошного зеркала грунтовой воды. Часть скважин оказалась сухими до уровня, расположенного ниже осенней отметки воды в Волге. Наши исследования ясно показывают, что первый горизонт грунтовой воды степной части не имеет ясно выраженного стока в Волгу.

При обследовании долины нами не было ни разу отмечено выходов степных грунтовых вод на территорию поймы, что не может не сказаться на потере займищем условий притеррасных областей. Близость степи сказывается на территории займища почти исключительно в виде отложений на его поверхности продуктов размыва степи в виде «конусов» овражных выносов и обваливающихся в пойму при размывах степи полыми водами древних отложений степи.

Соотношение первых двух областей — прирусловой и центральной поймы — и их взаимное территориальное расположение также отступает от общей схемы строения поймы более мелких рек, разработанной акад. В. Р. Вильямсом. Пересекая долину по ее поперечнику, можно наблюдать поочередную смену прирусловых областей на области центральной поймы, вновь переходящие в прирусловую пойму по мере приближения к следующему водотоку (реке или ерику). Причина данного явления лежит в том, что во время весеннего половодья при сплошном водном потоке шириной до 20—30 км обособляется целая серия основных течений воды над руслами более или менее заметных рек и ериков, которые и создают в месте своего действия условия образования прирусловых пойм. В промежутках между основными течениями обособляются области сравнительно спокойных течений, способствующих образованию отложений типа центральных пойм. Беря распределение областей прирусловой поймы в целом по территории долины, можем отметить, что они окаймляют неширокими зонами берега всех островов займища. По берегам Волги — основной и самой мощной водной артерии долины — черты прирусловой области выражены гораздо резче, чем по берегам остальных, более мелких рек, прирусловые области которых только местами приближаются по своему характеру к прирусловой области Волги.

По мере приближения к морю и снижения высоты поемной террасы, формы поемного рельефа принимают более спокойный характер. Так же, как и в займище, каждый из многочисленных островов дельты по своим берегам окаймляется зоной «прирусловых» грив и в своей центральной части приближается к образованиям типа центральной поймы. Однако деление на «прирусловые» и «центральные» области в дельте не выступает так резко, как это наблюдается в пределах долины.

В дельте характер рельефа сильно осложняется разбросанными по ее поверхности удлиненными возвышенностями, так называемыми «бэровскими буграми», незатопляемыми полыми водами. Они разбросаны по всей территории дельты в виде более или менее параллельных друг другу цепей, идущих в широтном направлении. Особенно много бугров к западу от р. Бахтемир (район западных придельтовых ильменей) и в самой восточной части дельты, по ее границе с песчаными степями б. Астраханского округа. Высота некоторых бугров достигает 20—25 м над меженью Волги; обычно же их высота несколько меньше, ширина 200—500 м и длина варьирует в широких пределах от 100—200 м до 20 км.

Физикогеографические условия в дельте Волги чрезвычайно разнообразны в различных ее частях. Различные сочетания между «относительным почвенным» возрастом аллювиальных наносов дельты, скоростью их

нарастания, присутствием бэровских бугров, через которые мелкими островками внедряются в дельту элементы пустынно-степного ландшафта, степень связи дельты с коренной степью б. Астраханского округа — все это позволяет разбить дельту на систему достаточно ясно отличающихся друг от друга физикогеографических районов. Вверх от моря к Волго-Ахтубинскому займищу и к астраханским степям можно разбить дельту на следующие районы:

1) Зона «подводной» дельты. Энергичный вынос волжскими водами огромного количества механического материала, собираемого со всего бассейна Волги, сказывается на прилегающих к дельте частях Каспий-

Фиг. 2. Заросли лотоса в Астраханском заповеднике «Дамчик».

ского моря. На протяжении нескольких десятков километров мы имеем весьма мелкое море со значительно опресненными водами, характерными «забурунъями» и прочими неровностями дна. Быстрому обмелению моря и нарастанию отложений в этой части дельты способствуют: 1) потеря скорости течения воды при ее выходе из устья в спокойный и широкий водный бассейн; 2) коагуляция взвешенных в волжской воде веществ при действии на них солевых растворов моря и 3) задержка наносов буйно разросшейся в прибрежной части водной и прибрежной растительностью.

2) Зона формирования суши. Неразрывно связана генетически с предыдущей зоной. В этом районе в устьях волжских рукавов ежегодно нарастают новые «косы» и острова, впервые выходящие на дневную поверхность и впервые подвергающиеся почвообразовательному процессу. Нарастание суши происходит неравномерно. Усиленный рост отложений наблюдается непосредственно при выходе в море каждого, даже довольно мелкого устья. Они принимают характерную форму вытянутых вдоль течения воды «кос», постепенно сливающихся своими вершинами или с соседними островами, или с соседними косами. Косы, сливаясь друг с другом своими вершинами, образуют подковообразные островки суши, в центре которых остаются очень мелкие заливчики — «култуки», выходящие одним из своих концов к морю. При дальнейшем

росте наносов, ускоряющемся вследствие буйного развития водолюбивой растительности, косы разрастаются сильнее, сливаются друг с другом и нижними своими концами, прерывая сообщение «култуков» с морем и этим самым переводя их в разряд «ильменей» дельты. Эта зона характеризуется преобладанием водной поверхности над сушей, буйным развитием пионерной и водно-болотной растительности. В северной части этой зоны суша постепенно отвоевывает свое господство у воды (фиг. 2).

3) Следующая обширная зона дельты характеризуется «усыханием» ильменей, превращением их в заболоченные луговые пространства, дальнейшим нарастанием суши в вертикальном и горизонтальном направлениях, сменой болотной растительности на луговую и солончаковую и полным развитием процессов почвообразования, приводящим к ясно выраженным

Фиг. 3. Песчаные отложения р. Герасимовой.
Фото после паводка, август 1927 г.

почвенным разностям. Эту зону можно продолжить на северо-восток до широты Астрахани — Красного Яра. Упомянутые выше бэровские бугры неравномерно рассеяны по поверхности дельты в этой зоне. Они более или менее ясно сконцентрированы в ее северной части. Их присутствие заметным образом влияет как на внешний облик дельты, так и на сущность происходящих здесь геологических, почвообразовательных, биологических и прочих процессов. Данное обстоятельство позволяет описанную зону более древней дельты разбить на две подзоны: «бугристую» дельту и дельту равнинную.

4) Еще севернее (точнее к северо-западу) выделяется подрайон «верховьев дельты» — подрайон перехода дельты в займище. Для данного района характерно еще большее повышение поемной террасы над меженью речных вод и постепенный переход засоленных дельтовых почв в пресные почвы займища.

5) К западу от р. Бахтемир и к северу от линии Красный Яр — Сафоновка можно наблюдать постепенный переход дельтовых отложений в отложения степи. Здесь обособляются своеобразные районы западных и восточных «подстепных ильменей», представленные сплошной системой густо расположенных бэровских бугров, заболоченных понижений между ними, часто имеющих озера и ильмени (водоемы, сообщающиеся с Волгой). Нередко в пространствах между бэровскими буграми обособляются замкнутые понижения; они очень часто бывают богаты различного вида солончаками вплоть до соляных озер с более или менее мощным слоем самосадной соли.

Пестрота гидрологических условий весеннего половодья в долине и дельте влечет за собой большую пестроту в составе аллювиальных отложений. Обычно по берегам русел как крупных, так и мелких протоков имеют место ясно выраженные песчаные, супесчаные и суглинисто-песчаные слоистые отложения. Нередко по берегам крупных протоков развиваются песчаные дюны. Удаление от русел влечет за собой помельчание механических элементов почвы, и обычно центральные пониженные части островов бывают покрыты глинисто-иловатыми и тяжелосуглинистыми наносами. Обычно и отложения центральных частей островов в той или иной мере слоисты, но здесь слоистость выражена менее резко, чем в прирусловых условиях (фиг. 3).

В наносах крупных прирусловых грив (разрез 510) преобладает фракция пылеватого песка (0.25—0.05 мм), достигающая в песчаных прослойках 80—87% от веса всей массы почвы. Содержание физической глины колеблется от 2.3 до 9%. Поверхностные горизонты этого разреза обогащены физической глиной до 16%. Это свидетельствует о начавшемся процессе отступания протока, на берегу которого заложен разрез 510.

Разрез 654, сделанный на прирусловой гриве меньшего протока, чем в предыдущем случае, и в несколько большем удалении от русла, значительно сильнее обогащен частицами <0.01 мм (до 35% в горизонте погребенной почвы). Однако и здесь в супесчаных прослойках содержание физической глины падает до 6—8%, а содержание пылеватого песка возрастает до 76—91%. Слоистый характер наносов этими разрезами характеризуется весьма отчетливо и их механический состав подтверждает характеристику слоистой поймы, данную акад. В. Р. Вильямсом.

Иную картину дает разрез 523, заложенный в центральной части одного из крупных островов поймы. Содержание тонкого песка здесь снижено до 11—16—28%; участие физической глины возрастает до 42—56%. Механический состав по профилю разреза более однороден, чем в вышеприведенных случаях прирусловых отложений.

Отложения крупных прирусловых грив характеризуются таким же высоким содержанием пылевато-песчаных частиц (0.25—0.05 мм). Содержание ила (<0.001 мм) колеблется около 2—3%.

Данные анализа подчеркивают слоистость прирусловых отложений (разрез 77) и вышедших из сферы затопления паводком высоких частей поймы (разрез 18). Переход к центральным частям поймы, где аллювий аккумулируется в условиях более медленных течений паводка, влечет за собой потяжеление механического состава и его выравнивание по профилю. В разрезах 8 и 9 содержание иловатых частиц колеблется от 18 до 25%, содержание пылеватого песка снижается до 30—40%.

Эти данные со всей отчетливостью подтверждают общую схему образования аллювиальных отложений, разработанную акад. В. Р. Вильямсом.

В пределах дельты основные закономерности в распределении отложений остаются такими же, как в пределах долины. Однако здесь реже встречаются прирусловые песчаные дюны. Новый элемент в характер отложений вносят бэровские бугры и близкое в ряде мест подстилание современного аллювия каспийскими отложениями.

Бэровские бугры дельты, по исследованиям П. Православлева (1926), образовались путем отложения наносов в условиях мелководного моря во время трех последних трансгрессий Каспийского моря (Кемрудской, Джоржанской и Саринской) и сложены в верхней части довольно однородным песчано-глинистым материалом с огромным преобладанием частиц пылеватого песка. Встречающиеся вариации механического состава обычно укладываются в интервале от легких супесей до средних суглинков. Центральная часть тела бугра часто сложена более глинистыми осадками.

У подножья бэровских бугров обычно обособляется неширокая кайма делювиальных отложений и смешанных наносов, состоящих из чередования по профилю мелких слоев аллювия Волги и делювиальных сносов с бугров; последние резко выделяются своим палево-бурым цветом на фоне сероватых тонов современного аллювия и высоким содержанием пылеватого песка.

Разрез 831, заложенный в прирусловой части, вскрывает суглинистые слоистые отложения.

Разрез 849, характеризующий ильмень в центральной части того же острова, дает глинистую, тоже слоистую почву с содержанием частиц физической глины, доходящим до 80% и содержанием пылеватого песка в пределах от 7 до 80%. Прослойки более легкого механического состава свидетельствуют о неоднократно менявшихся условиях прохождения половодья по острову. Повышенные окраины того же ильменя имеют слоистые отложения из чередования глинистых и суглинистых горизонтов (разрез 850).

Разрез 847 вскрывает отложения подножия бэровского бугра. В этих отложениях господствует пылеватый песок (60—80%). В нижней части этого разреза вскрыты глинистые отложения (основания бэровского бугра) с характерным для них красно-бурым цветом и редкими друзами гипса.

По данным Т. А. Смолиной (1925), вершины бугров сложены еще более легкими породами, состоящими почти исключительно из пылеватого песка (табл. 1). На шлейфах бугров возрастает количество иловатых частиц и уменьшается до 40—70% содержание пылеватого песка. Увеличение иловатых частиц в горизонте B_1 разреза до 12% является результатом солонцевого процесса. Отложения ильменя (разрез 7) характеризуются более тяжелыми, но слоистыми отложениями.

Широкое распространение в дельте слоистых отложений показывает, как изменчивы во времени, в связи с блужданием русел, условия половодья, обусловливающие отложения то легких супесей и песков, то тяжелых суглинков и глин.

Таблица 1

Механический состав почвы бугров дельты Волги по методу В. Р. Вильямса

В % на абс. сухую почву

Анализы К. И. Голенкиной

№ разреза	Почва и положение по рельефу	Горизонт	Фракции в мм					
			3.0—0.25	0.25—0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.005—0.001	< 0.001
5	Вершина бугра, бурая почва	A	0.91	90.01	0.83	2.00	0.82	4.33
		B_1	0.09	91.25	0.68	1.86	0.71	4.82
		B_2	0.10	87.20	0.76	1.69	0.75	8.70
		C	0.08	84.82	4.98	7.29	4.40	13.81
6	Конец склона бугра, бурая солонцеватая почва	A	0.97	61.88	14.89	9.62	1.65	6.41
		B_1	0.51	43.77	8.97	20.76	6.90	12.28
		B_2	1.33	74.02	2.56	5.13	2.25	8.63
		C	0.22	71.97	1.39	5.56	3.96	12.00
7	Заболоченная почва ильменя	A	2.81	52.51	10.09	15.11	4.27	12.55
		B_1	3.58	43.51	10.33	19.61	5.38	14.98
		B_2	1.74	62.24	8.25	12.20	3.08	10.18
		C	0.49	79.89	4.63	4.63	1.87	7.12
			1.02	60.11	9.96	9.31	2.76	12.17
			0.60	42.75	19.40	10.87	3.50	13.90

Просмотр всех приведенных данных показывает, что в дельте в составе почв нет частиц крупнее 0.25 мм; в пределах поймы песчаные частицы встречаются в незначительном количестве, и то лишь в прирусловых условиях. В этом явлении сказывается сортировка наносов, происходящая на длительном волжском пути. Наносы дельты в общей массе могут быть охарактеризованы как более мелкоземистые, чем аллювий, долины.

Кроме частых изменений в условиях отложения наносов, вызываемых спорадическими блужданиями русел, вся пойма и дельта в недавнем прошлом пережили крупное изменение гидрологического режима Волги. Почти на всем протяжении Волго-Ахтубинской долины от Сталинграда до Астрахани, а также и в пределах дельты на глубине 60—100—120 см от поверхности почвы, можно встретить прекрасно развитый горизонт погребенной сильно гумусированной почвы, под которым часто лежит ясно выраженный карбонатный горизонт. Выше этой древней почвы обычно идут отложения более легкого механического состава, с более резко выраженной слоистостью. Это свидетельствует о смене цикла относительно спокойных паводков с невысоким подъемом воды циклом более бурных половодий. Повидимому, этот момент следует связать с вырубкой лесов в бассейне Волги.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Режим грунтовых вод в Волго-Ахтубинской долине и дельте Волги в основном определяется длительностью весеннего паводка, являющегося основным источником питания грунтовых вод поймы и дельты, условиями рельефа отдельных частей долины и дельты, характером отложений и сильным испарением воды почвой и растительным покровом. Имеющиеся в нашем распоряжении материалы позволяют наметить следующую схему режима грунтовых вод.

В верхней части долины поемная терраса возвышается над меженным уровнем воды. Весенний паводок, заходя на поемную террасу, насыщает водой всю толщу слагающих ее почв и грунтов. После спада воды в реке начинается медленный сток почвенно-грунтовых вод. Как показали наши замеры уровня грунтовых вод в пойме, а также данные гидрогеологических профилей, проведенных через долину проф. А. В. Рожковским в 1930 г., в верхней части долины грунтовые воды до конца осени держатся выше уровня воды в соседних протоках. Таким образом, здесь осуществляется постоянный сток воды из толщи поемных отложений в реку.

По мере продвижения к дельте высота поемной террасы снижается и в связи с этим уменьшается высота зеркала грунтовых вод над меженным уровнем воды в Волге. Сток грунтовых вод замедляется. Снижение поемной террасы приводит к тому, что в центральной части многих островов в конце лета зеркало грунтовых вод опускается ниже меженного уровня воды в реках и протоках. Снижение грунтовых вод в этих случаях идет исключительно за счет интенсивного испарения мощно развитой растительностью. В итоге значительную часть времени на этих островах не только не происходит стока грунтовых вод в реку, но создаются условия для обратного процесса — фильтрации речной воды в берега островов. Особенно интенсивно этот процесс выражен на островах дельты. Здесь очень часто уже на расстоянии 100—200 м от берега реки грунтовые воды, вскрываемые разрезами, лежат ниже уровня воды в реке. Особенно ясно это явление фиксируется на низких островах, покрытых зарослями тростника (*Phragmites communis* L.).

Эти особенности режима грунтовых вод отчетливо отражаются на минерализации грунтовых вод и разном направлении процессов засоления—рассоления в верховьях долины и в дельте Волги. Грунтовые воды почти

на всем протяжении долины по своей минерализации мало отличаются от минерализации воды в Волге и ее притоках.

Как увидим ниже, основная часть территории долины находится в условиях, не позволяющих накопляться избытку водорастворимых солей в почвах, тогда как вся дельта и крайняя южная часть долины находятся в условиях прогрессирующего засоления почв.

Более интенсивное накопление солей в грунтовых водах центральных частей островов в пойме и дельте связано с затрудненным оттоком грунтовых вод из удаленных от дренирующих русел глинистых отложений, а в дельте, кроме того, связано с отмеченным выше явлением фильтрации речных вод в берега в период усиленной транспирации влаги растительностью.

На обвалованных площадях центральные части ильменей, подвергающиеся периодическому затоплению при системе так называемого «водяного» пара, имеют наиболее опресненные грунтовые воды. Максимум концентрации отмечается на шлейфах бэровских бугров и под буграми.

Водный режим почв поймы и дельты довольно существенно различается. Общим, как для поймы, так и для дельты, является увлажнение почвы за счет осенних осадков и тающего снега. Весенние запасы влаги довольно быстро расходуются бурно развивающейся при наступлении тепла растительностью. Длительный весенний паводок создает неравномерное распределение запасов общей и полезной влаги на разных элементах пойменного рельефа и в почвах разного механического состава.

После спада паводка на средних и высоких уровнях запас полезной воды очень быстро расходуется луговой растительностью: более длительный срок высокая влажность почвы сохраняется на лугах низких уровней и в полоях. В последних нередко вода застаивается до конца лета.

Существенные различия в водном режиме почв поймы и дельты создаются близким залеганием почвенно-грунтовых вод в последней, что обеспечивает постоянное капиллярное увлажнение почв дельты и после паводка. Как показали наши наблюдения в пределах поймы,[1] луга высоких и средних уровней в течение 3—4 недель после паводка расходуют весь запас усвояемой почвенной влаги, созданной паводком, и приходят в состояние физиологической сухости.

Эти особенности водного режима создают различия и в воздушном режиме главнейших почв дельты (фиг. 4).

ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ

Почвенный покров долины и дельты развивается под влиянием следующих факторов: длительного увлажнения паводком (0.5—2.5 мес.) и близкими грунтовыми водами, ежегодных наносов свежего наилка, богатого питательными веществами, луговой растительной формации и сухого и жаркого климата Нижнего Поволжья.

Господство луговой формации обусловливает широкое развитие в долине и дельте дернового почвообразовательного процесса и приводит к формированию почв, богатых гумусом и общим азотом.

Данные табл. 2 и 3 показывают, что содержание гумуса довольно высоко, колеблясь в верхних горизонтах примерно в пределах от 1.5 до 5.0%.

Сравнивая данные табл. 2, относящиеся к среднему течению долины (район с. Удачное), с данными табл. 3, характеризующими северную часть долины (район Сталинград — Черный Яр), можно видеть, что в северной части почвы несколько богаче гумусом, содержание которого доходит

[1] Фактических материалов по ним мы не приводим, имея в виду осветить их в другом месте.

до 4.5—5.4%. Разрез 18 (табл. 3), показавший в верхнем горизонте 15% гумуса, заложен в дубовом лесу, и чрезмерно высокое содержание гумуса следует объяснить несовершенным отбором мертвых растительных остатков. Все же этот разрез и анализы по ряду других разрезов, здесь не приводимых, показывают, что под дубравами идет интенсивное накопление гумуса; причину этого мы усматриваем в щелочной реакции, создаваемой небольшим накоплением солей в поверхностных горизонтах высоких грив (табл. 6, разрез 18), причем в этих гривах часто встречаются карбонаты кальция.

Можно полагать, что щелочная реакция почвенного раствора обусловливает биологическое разложение лесного опада под дубравами с образованием не кренатов, а гуматов, и тем самым способствует и накоплению гумуса, и образованию зернистой структуры, прекрасно выраженной под дубравами.

Данные разреза 77 (табл. 3) показывают, что в молодых прирусловых гривах аллювиальные наносы значительно слабее затронуты почвообразованием и едва успели накопить 1.5—2.0% гумуса. По данным табл. 2, это явление подметить не удается, так как все приведенные разрезы расположены достаточно далеко от крупных русел и нарастание прирусловых грив в этом районе идет сравнительно медленно (см. разрез 552, табл. 2). Данные табл. 2 убеждают нас в высоком содержании валового азота в почвах долины. Интересно отметить, что анализ свежего наилка, отложенного на поверхности поймы в год исследования (разрез 552, горизонт 0—1 см), показал высокое содержание в нем гумуса (3.0%) и общего азота (0.214%). Видимо, во взвесях, несомых Волгой во время паводка, очень большое

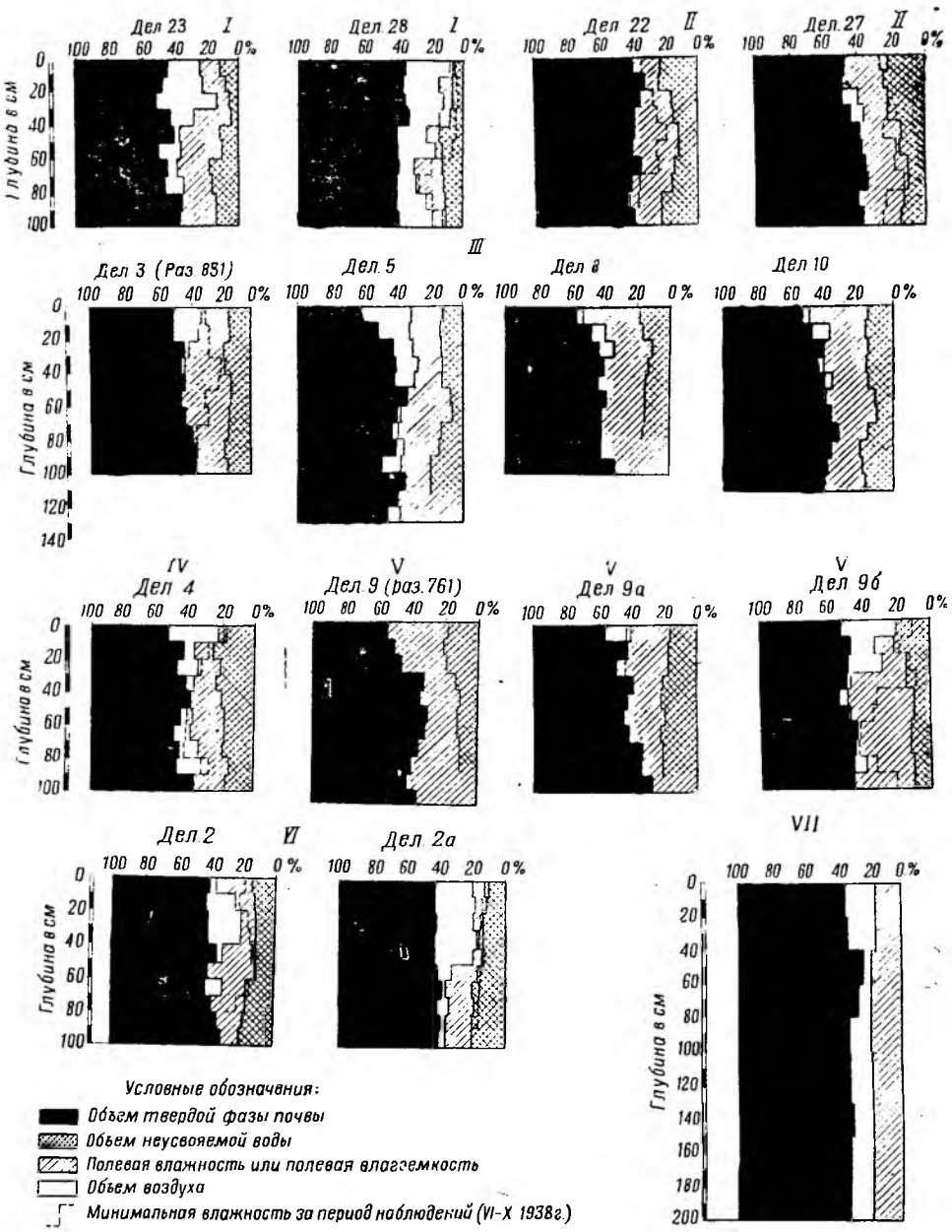
Таблица 2

Определение общего гумуса по Кнопу и общего азота по Кьельдалю в образцах почв Волго-Ахтубинской долины

В % на абс. сухую почву

Анализы лаборатории Моск. почв. инст., 1927 г.

№ образца	Почва и место взятия образца	Глубина в см	Гигроскопическая вода	Гумус	Азот
523	Дерново-луговая, зернистая, тяжело суглинистая почва с признаками заболачивания. Центральная часть острова	0—1	5.74	2.28	0.159
		1—6	6.93	1.79	0.141
		6—35	5.43	1.41	0.101
		35—62	4.47	1.02	0.072
		62—95	4.99	0.93	0.062
		95—114	7.02	1.13	0.086
555	Луговая, слабо карбонатная, слоистая, супесчано-суглинистая.	0—5	8.34	4.14	0.162
		5—14	5.27	1.55	0.088
		14—23	4.28	0.97	0.046
		23—39	2.23	0.48	0.011
		39—88	1.49	0.34	0.007
		88—103	3.69	0.42	0.022
		103—150	2.50	0.30	0.036
552	Аллювиально-луговая слоистая почва. Прирусловая грива.	0—1	6.49	3.00	0.214
		1—6	7.56	2.69	0.233
		6—13	6.97	1.99	0.160
		13—32	4.10	0.79	0.064
		32—51	1.63	0.23	0.022
		51—71	0.78	0.18	0.003
		71—77	2.19	0.23	0.025
		77—138	0.82	0.08	0.003



Фиг. 4. Водные свойства почв Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги:

I — аллювиально-луговые почвы Волго-Ахтубинской поймы: прирусловье ерика песчаного (с. Сасыкольское); дел. 23 — орошаемые яблони на обвалованном участке; дел. 28—высокая необвалованная грива, многолетняя залежь. *II* — дерново-луговые слоистые почвы Волго-Ахтубинской поймы (с. Сасыкольское); дел. 22 — обвалованный участок, орошаемая капуста; дел. 27 — заливной луг на той же высоте, как и дел. 22, растительность—разнотравье. *III*— дерново-луговые слоистые почвы дельты: дел. 3, разрез 831 (с. Башмаковка) — обвалованный остров, прирусловье, орошаемый хлопчатник; дел. 5 (Красноярское оп. поле) — небольшая грива непроточного ерика, пырейно-разнотравный луг с примесью ажрека; дел. 8 (Красноярское оп. поле) — луг на слоистой пойме, нижняя часть склона от гривы, пырейно-осоковая группировка; дел. 10 (Красноярское оп. поле) — склон гривы от непроточного ерика, ажрековая группировка. *IV* —дерново-луговые зернистые почвы дельты; дел. 4 (с. Башмаковка) — неорошаемый хлопчатник, обвалованный остров, верхняя часть северного склона к ильменю. *V* — перегнойно-болотные почвы дельты: дел. 9, разрез 761 (Красноярское оп. поле) — под зарослями Typha angustifolia, Phragmites communis, Phalaris arundinacea, дел. 9а (Красноярское оп. поле) — сильно заболоченная почва под зарослями Scirpus maritimus, Aeluropus littoralis; дел. 9б (с. Башмаковка) — обвалованный остров, центральная часть ильменя под орошаемым хлопчатником. *VI* — аллювиально-делювиальные почвы подножий бэровских бугров: дел. 2 (с. Башмаковка) — подножье бугра, орошаемые яблони; дел. 2а (выше разреза 2 на 0.5 м) —орошаемые помидоры, механический состав немного легче разреза 2. *VII* — бурая почва бэровского бугра; уч. рассадника хлопчатника: *1* — объем твердой фазы; *2* — объем неусвояемой воды; *3* — полевая влажность или полевая влагоемкость; *4* — объем воздуха; *5* — минимальная влажность за период наблюдений (VI—X 1928 г.).

Таблица 3

Определение общего гумуса (по методу Кнопа) и карбонатов в почвах северной части Волго-Ахтубинской долины

В % на абс. сухую почву

Данные Л. И. Позефовича и Б. Н. Фирфарова, 1926 г.

Анализы лаборатории Института агропочвоведения

№ разреза	Почва и место взятия образца	Глубина в см	Гигроскопическая вода	CO_2	Общий гумус	Водорастворимый гумус	Отношение общего гумуса к водорастворимому
1	2	3	4	5	6	7	8
4	Дерново-луговая, слоистая, песчано-пылеватая почва. В верхней части склона с узкой гривы. 1/VIII 1928 г.	0—12	3.1	Нет	3.83	0.015	263
		12—30	2.3	»	1.34	0.007	203
8	Дерново-луговая, зернистая почва. Широкое и пологое повышение в конце гривы. Калмыцкая поляна, хутор Куприянов. 2/VIII—1928 г.	0—17	6.4	Нет	2.36	0.090	265
		17—38	8.3	»	2.38	0.007	335
		38—74	7.8	»	1.03	0.004	251
		74—90	4.9	»	0.58	0.004	121
9	Дерново-луговая зернистая заболоченная почва на той же Калмыцкой поляне в пологом широком понижении. 2/VIII 1928 г.	0—18	6.7	Нет	2.69	0.019	145
		18—41	7.7	»	1.52	0.018	83
		41—64	8.0	»	1.58	0.006	255
		64—105	7.9	»	1.22	0.003	435
18	Зернистая перегнойная почва на высоком незаливаемом бугре, покрытом дубовым лесом. 4/VIII—1928 г.	0—9	5.2	Нет	15.91	0.088	181
		9—24	4.00	»	4.24	0.023	184
		24—42	3.1	»	1.16	0.009	135
		42—57	2.7	»	0.88	0.003	284
		79—96	2.3	»	0.91	0.002	455
		96—11	2.5	»	0.86	0.001	662
67	Дерново-луговая зернистая почва на слоистом аллювии; ровный склон от гривы. 11/VIII—1928 г.	0—4	4.0	Нет	5.44	0.013	406
		4—16	4.7	»	1.93	0.016	124
		16—32	4.6	»	1.15	0.009	132
		32—45	3.9	0.16	0.68	0.005	142
77	Пылевато-песчаная слабо сформированная дерновая почва. Прирусловая приволжская часть, сглаженная грива. 14/VIII—1928 г.	0—4	3.9	Нет	1.52	0.009	173
		4—14	2.7	»	1.95	0.003	610
		14—33	4.3	»	4.40	0.003	467
81	Дерново-луговая зернистая солонцеватая почва. Широкая и ровная грива небольшого ерика. 20/VIII—1928 г.	0—8	5.5	Нет	4.50	0.006	740
		8—37	6.1	»	1.94	0.013	145
		37—59	7.7	0.035	0.60	0.004	160
		59—88	3.6	Нет	0.50	—	—

Продолжение табл. 3

№ разреза	Почва и место взятия образца	Глубина в см	Гигроскопическая вода	CO_2	Общий гумус	Водорастворимый гумус	Отношение общего гумуса к водорастворимому
1	2	3	4	5	6	7	8
84	Дерново-луговая заболоченная почва. Широкая волнистая равнина, округлое широкое понижение.	0—4	4.7	Нет	3.83	0.010	400
		4—10	3.7	»	2.12	0.008	252
		10—36	3.7	»	1.16	0.015	77
85	Дерново-луговая неясно слоистая почва. Широковолнистая равнина. Разрез сделан на широком повышении, район с. Балхуны. 22 VIII 1928 г.	0—4	3.4	Нет	3.05	0.010	318
		4—17	3.3	»	1.76	0.008	210
		17—29	4.0	»	2.35	0.015	157
		29—49	3.9	»	1.39	0.008	183

участие принимают продукты смыва поверхностного слоя почв в северных зонах (главным образом, в черноземной), богатых содержанием органических веществ и азота.

Растворимость гумуса невысока. Она возрастает в заболоченных почвах понижений и в солонцеватых разновидностях аллювиально-луговых почв (горизонт 8—37, разрез 81). Повышена растворимость гумуса в зернистых дерново-лесных почвах под дубравами (разрез 18, табл. 3); видимо, это следует объяснить повышенным содержанием Na в почвенном растворе (табл. 6).

В табл. 4 приводятся данные о содержании гумуса и азота в почвах дельты. Из табл. 4 видно, что и в почвах дельты содержание гумуса колеблется в пределах 2—4% и азота 0.1—0.23%. Разрез 901, заложенный в низовьях дельты под зарослями тростника (*Phragmites communis* L.), дал высокое содержание гумуса в оторфованной дернине (7.69%) и исключительно высокое содержание в ней общего азота (0.479%).

Подвижность гумуса в верхних горизонтах невысока и близка к величинам, полученным для пойменных почв. В нижележащих горизонтах подвижность гумуса дельтовых почв выше, чем в почвах поймы. Несомненно, это связано с солончаковатостью почв дельты и более высоким содержанием солей натрия (см. ниже). Интересно отметить, что, несмотря на солончаковатость дельтовых почв, гумусовые горизонты погребенных почв сохраняют такую же малую подвижность гумуса или даже еще меньшую, чем в поверхностных горизонтах дерновых почв. Эта картина повторяется во всех анализированных разрезах (табл. 4).

Для всех аллювиальных почв долины и дельты характерна глубокая прокраска гумусом. Это понятно, так как почти все горизонты аллювиальной почвы при медленном нарастании аллювия в той или иной степени проходят через воздействие луговой растительности; с другой стороны, глубокому проникновению гумуса содействует интенсивное и глубокое промачивание почвы во время паводков.

Отмеченные выше особенности водного режима почв долины и дельты ведут к резким различиям солевого режима почв дельты от почв долины. Почвы Волго-Ахтубинской долины в преобладающей своей массе характеризуются, как почвы незасоленные. Небольшая солончаковость и местами

Таблица 4

Определение гумуса (по Кнопу) и общего азота (по Къельдалю) в образцах почв дельты Волги

В % на абс. сухую почву

Анализы лаборатории Моск. почв. инст., 1927 г.

№ разреза	Почва и место взятия образца	Глубина в см	Гигроскопическая вода	Гумус		Отношение общего гумуса к водорастворимому	Азот
				общий	водорастворимый		
751	Дерново-луговая слоистая почва, переходная к зернистой, солончаковая. Красноярское оп. поле. Прирусловая пойма. Август 1927 г.	0—14	8.27	4.05	0.011	368	0.233
		14—27	3.44	0.67	0.005	134	0.020
		27—44	2.09	0.42	0.004	105	0.018
		44—65	2.42	0.36	0.004	100	0.017
		65—86	3.85	0.48	0.005	102	0.035
		86—107	4.91	1.62	0.002	855	0.092
		107—125	2.96	0.48	0.005	96	0.035
762	Дерново-луговая слоистая почва, переходная к зернистой, с признаками солонцеватости. Красноярское оп. поле. Прирусловая грива. Август 1927 г.	0—13	4.95	1.49	0.007	212	0.106
		13—27	4.50	1.63	0.005	326	0.096
		27—36	6.90	2.15	0.004	537	0.134
		36—64	8.62	2.04	0.005	434	0.129
		64—86	3.02	0.43	0.004	119	0.036
		86—124	5.74	0.82	0.005	164	0.064
		124—134	7.22	2.00	0.005	400	0.120
792	Дерново-луговая слоистая почва. На ВЮВ от пос. Ямного, в равнинной части острова, в 240 м от ерика. Август 1927 г.	0—13	6.66	2.32	0.009	258	0.179
		13—22	3.10	0.45	0.004	110	0.038
		22—66	1.60	0.16	0.003	64	0.009
		66—76	0.83	0.09	0.003	34	0.008
		76—87	1.57	0.15	0.004	37	0.001
		87—95	4.39	0.59	0.002	295	0.040
		95—103	1.47	0.12	0.004	33	0.001
		143—165	5.83	—	—	—	0.076
901	Перегнойно-болотная, солончаковатая, слоистая почва под зарослями тростника. Заповедник Дамчик. Сентябрь 1927 г.	0—15	9.81	7.69	0.014	548	0.479
		15—20	3.98	1.07	0.007	158	0.074
		20—40	1.70	0.42	0.005	84	0.016
		40—67	2.04	0.41	0.005	82	0.013
		67—89	2.82	0.63	0.005	66	0.043
		89—116	4.54	1.06	0.006	177	0.070
		116—132	3.19	0.52	0.004	130	0.042
		132—150	5.09	0.62	0.005	124	0.059

солонцеватость встречаются только на небольших площадях, там, где промыванию солей мешают мощные отложения глинистых наносов. Накопление солей в пределах поймы происходит на старых гривах, заливаемых не ежегодно (разрез 18, табл. 6), а также на низких гривах центральной поймы, разделяющих временные водоемы. Наиболее широко встречается в пойме засоление старых, повышенных участков зернистой поймы с характерным бугристым микрорельефом, генезис которого прекрасно разобран И. И. Плюсниным (1938). Характерной особенностью засоления зернистых солонцевато-солончаковатых почв подобного типа является высокое содержание катиона Mg (см. разрез 1641, табл. 6).

Таблица 5

Данные сокращенного анализа водных вытяжек из образцов почв Волго-Ахтубинского займища

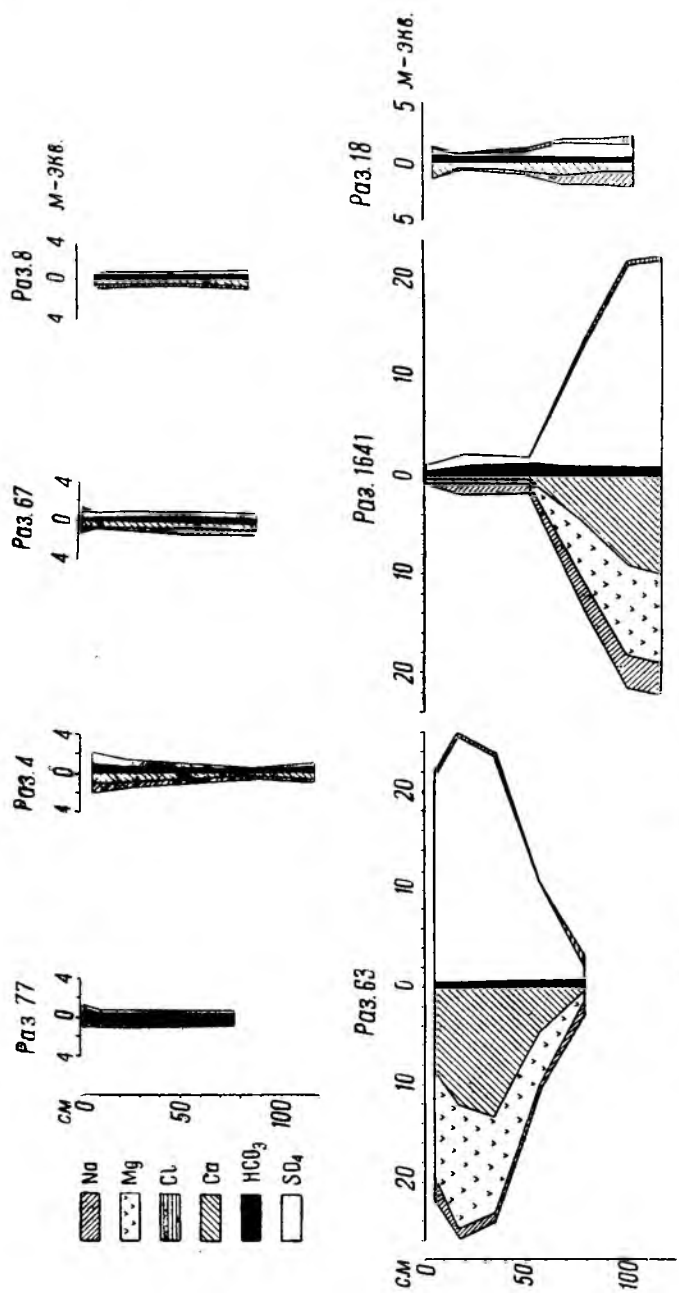
В % на абс. сухую почву (отношение воды к навеске 1 : 5)

Анализы лаборатории Моск. почв. инст., август 1927 г.
Аналитик В. Щербинин

№ разреза	Почва и место взятия образца	Глубина в см	Гигроскопическая вода	Плотный остаток	Зольный остаток	Потеря при прокаливании	Водорастворимый гумус	Общая щелочность в HCO_3	Cl	SO_3
510	Аллювиально-луговая супесчаная почва прирусловой области Волги (по левому берегу)	0—10	2.04	0.064	0.049	0.015	0.006	0.031	—	0.010
		10—20	2.50	0.062	0.053	0.009	0.008	0.028	—	0.013
		20—29	1.43	0.068	0.056	0.012	0.007	0.026	—	0.015
		29—58	2.67	0.073	0.058	0.015	0.006	0.036	—	0.013
		58—80	0.66	0.045	0.032	0.013	0.005	0.028	—	—
		80—94	2.73	0.053	0.046	0.007	0.005	0.028	—	0.010
		94—136	1.16	0.043	0.038	0.005	0.006	0.026	—	0.008
		136—185	1.45	0.065	0.057	0.008	0.006	0.037	—	0.001
523	Дерново-луговая зернистая с признаками заболачивания.	0—1	7.00	0.166	0.104	0.062	—	0.033	—	0.027
		1—6	7.62	0.102	0.072	0.030	—	0.028	—	0.014
		6—35	7.27	0.088	0.078	0.010	—	0.032	—	0.025
		35—62	5.93	0.091	0.077	0.014	—	0.035	0.001	0.020
		62—95	5.78	0.106	0.077	0.029	—	0.036	—	0.022
		95—114	7.77	0.096	0.069	0.027	—	0.037	—	0.019
552	Аллювиально-луговая слоистая почва. Грива между Волгой и р. Цоган-Аман.	0—1	7.39	0.186	0.118	0.068	—	0.045	—	0.035
		1—6	8.36	0.078	0.049	0.029	—	0.038	—	0.007
		6—13	8.13	0.101	0.060	0.041	—	0.041	—	—
		13—32	4.29	0.064	0.054	0.010	—	0.037	—	—
		32—51	1.61	0.048	0.040	0.008	—	0.032	—	—
		51—71	0.73	0.070	0.052	0.018	—	0.028	—	0.013
		71—77	2.31	0.071	0.050	0.021	—	0.026	—	0.010
		77—138	0.71	0.163	0.043	0.020	—	0.028	—	—
554	Дерновая солонцевато-осолоделая глинистая почва. Центральная пойма, бугристый микрорельеф.	0—8	6.30	0.09	0.02	0.013	0.007	0.05	0.003	0.02
		8—36	7.74	0.07	0.06	0.004	0.006	0.045	0.003	0.03
		36—57	8.29	0.07	0.07	0.003	0.007	0.056	0.003	0.02
		57—77	7.93	0.09	0.08	0.002	0.006	0.070	0.004	0.02
		77—97	7.65	0.11	0.11	0.002	0.007	0.070	0.003	0.015
		97—113	6.55	1.05	0.92	0.121	0.003	0.050	0.003	0.72
		113—150	5.32	1.35	1.18	0.162	0.003	0.050	0.004	0.64
		150—170	7.16	1.50	1.39	0.011	0.003	0.050	0.005	0.10

Примечание. Во всех образцах реакция щелочная.

В дельте и ее верховьях, начиная, примерно, от ст. Досанг, процесс засоления почв получает весьма интенсивное развитие и широкое распространение. Бессточность грунтовых вод и возможная фильтрация речной воды в берега островов ведут к систематическому прогрессивному накоплению солей в почвах дельты. Отчасти этому способствует и близкое залегание каспийских отложений, однако главную роль надо приписать первой причине. Особенно широко развиты процессы засоления в районах подстепных ильменей, где мало проточных бассейнов; в межбугровых ильменях этого района воды волжского паводка нередко не имеют обратного стока в Волгу, остаются в ильменях и подвергаются интенсивному испарению.



Фиг. 5. Солевые профили почв Волго-Ахтубинской поймы:
разрез 77 — пылевато-песчаная слабо сформированная дерновая почва (4/VIII—1928 г.); 4 — дерново-луговая слоистая песчано-пылевая почва (1/VIII—1928 г.); 67 — дерново-луговая зернистая почва на слоистом аллювии (11/VIII—1928 г.); 8 — дерново-луговая заболоченная почва (2/VIII—1928 г.); 63 — зернистая тяжело суглинистая солончаковатая почва (9/VIII—1930 г.); 1641 — зернистая солонцеватая почва (12/VIII — 1930 г.); разрез 18 — дерново-лесная перегнойная почва (4—8/VIII—1928 г.).

Табл. 5 и 6 дают материалы о составе водных вытяжек из почв Волго-Ахтубинской долины.

Анализы водных вытяжек показывают, что большая часть почв долины не содержит практически вредного количества воднорастворимых солей. Сухой остаток чаще всего меньше 0.1%. Хлориды или вымыты совершенно, или содержатся в тысячных долях процента. Содержание сульфатов, как правило, не превышает 0.02—0.03%. Общая щелочность выражена величинами 0.02—0.04%. Только разрез 554, заложенный в средней части поймы против с. Удачное и характеризующий поемную солонцеватую глинистую почву с характерным бугристым микрорельефом, дает повышенное содержание

солей во втором метре (1.05—1.50% плотного остатка). Засоление носит сульфатный характер; разрезы 63 и 1641, табл. 6 и фиг. 5 показывают высокое содержание Mg в составе водных вытяжек из таких «старых» зернистых почв. Высокое содержание сульфатов в глубоких горизонтах этих разрезов вызвано тяжелым механическим составом почвы и некоторой солонцеватостью верхних горизонтов. Эти особенности резко уменьшают водопроницаемость почвы и затрудняют вымывание солей нисходящими токами паводка.

Отмеченная по морфологическим признакам солонцеватость данных разрезов, своеобразно выраженная в виде слитности профиля и крупной трещиноватости всей поймы, приводящей к развитию своеобразного микрорельефа в виде широких плоских шестигранных кочек (высотой до 30—40 см и диаметром около 2 м), находит свое отражение в повышении общей щелочности, доходящей до 0.07% (1.11 м-экв.) в разрезе 1641 на глубине 37—68 см. Наличие магнезиальных солей и повышенная щелочность, неблагоприятные физические свойства, резко выраженный микрорельеф — все это делает трудным сельскохозяйственное освоение этих почв и потребует разработки специальной системы агромелиоративных мероприятий, особенно в случае обвалования подобных участков.

Табл. 6 показывает постепенное нарастание засоленности при переходе от молодых песчаных наносов прирусловий к более глинистым отложениям высоких старых грив, находящихся в достаточном удалении от русел Волги и Ахтубы. Разрезы 8 и 9 показывают, что почвы грив осолонены несколько больше, чем почвы межгривных понижений. Разрез 63 характеризует высокую степень засоления повышенных участков поймы, разделяющих заболоченные понижения. Разрез 1641 иллюстрирует высокое кальциево-магнезиальное сульфатное засоление зернистых почв «старой» и повышенной центральной поймы с характерным мелкобугристым микрорельефом.

Совершенно иную картину солевого режима вскрывают анализы водных вытяжек дельтовых почв, приведенные в табл. 7 и на фиг. 6.

Общее содержание солей в ежегодно заливаемых почвах дельты редко опускается до 0.3%. Чаще всего оно колеблется на уровне 1—2%, доходя в отдельных случаях почти до 3%. При той же высоте общей щелочности (0.02—0.04%) в засолении дельтовых почв большую роль играют хлориды. Они отмечены в значительных количествах во всех разрезах, причем часто преобладают над сульфатами (разрезы 751, 792, 808 и 901, табл. 7).

Эти данные подтверждают высказанное ранее положение о прогрессирующем накоплении солей в почвах дельты в силу особенностей ее гидрологического режима.

В пределах долины небольшая солончаковатость почв проявляется на сравнительно высоких местах, слабо заливаемых половодьем. В дельте осолоненными являются не только гривы; часто солончаковатые и солонцеватые разности в разных сочетаниях занимают и склоны от грив к ильменям, а при тяжелом механическом составе подстилающих отложений ими бывают покрыты и самые низкие части островов (ильмени), подвергающиеся длительной и устойчивой промывке паводком.

Имеющиеся в нашем распоряжении материалы показывают, что в пределах дельты не проявляется общей закономерности в распределении хлоридного и сульфатного засоления, заключающейся в нарастании хлоридности по мере приближения к морю. Так, разрез 751, заложенный в верхней части дельты, показывает преобладание Cl над SO_3. Такое же преобладание Cl над SO_3 дают и разрезы 901, 808 и 792, расположенные ближе к морю. Вместе с тем и в пределах верхней, более старой части дельты, и ближе ко взморью имеются почвы, значительно опресненные, с явным преобладанием сульфатов над хлоридами (разрезы 707, 761), а в табл. 8 и на фиг. 7 приведены данные (разрез 7) Т. А. Смолиной по засоленности заболоченной почвы ильменя у пос. Оля, т. е. еще ближе к морю, чем располо-

Таблица 6

Результаты водных вытяжек из почв северной части Волго-Ахтубинской долины при отношении почвы к воде как 1 : 5

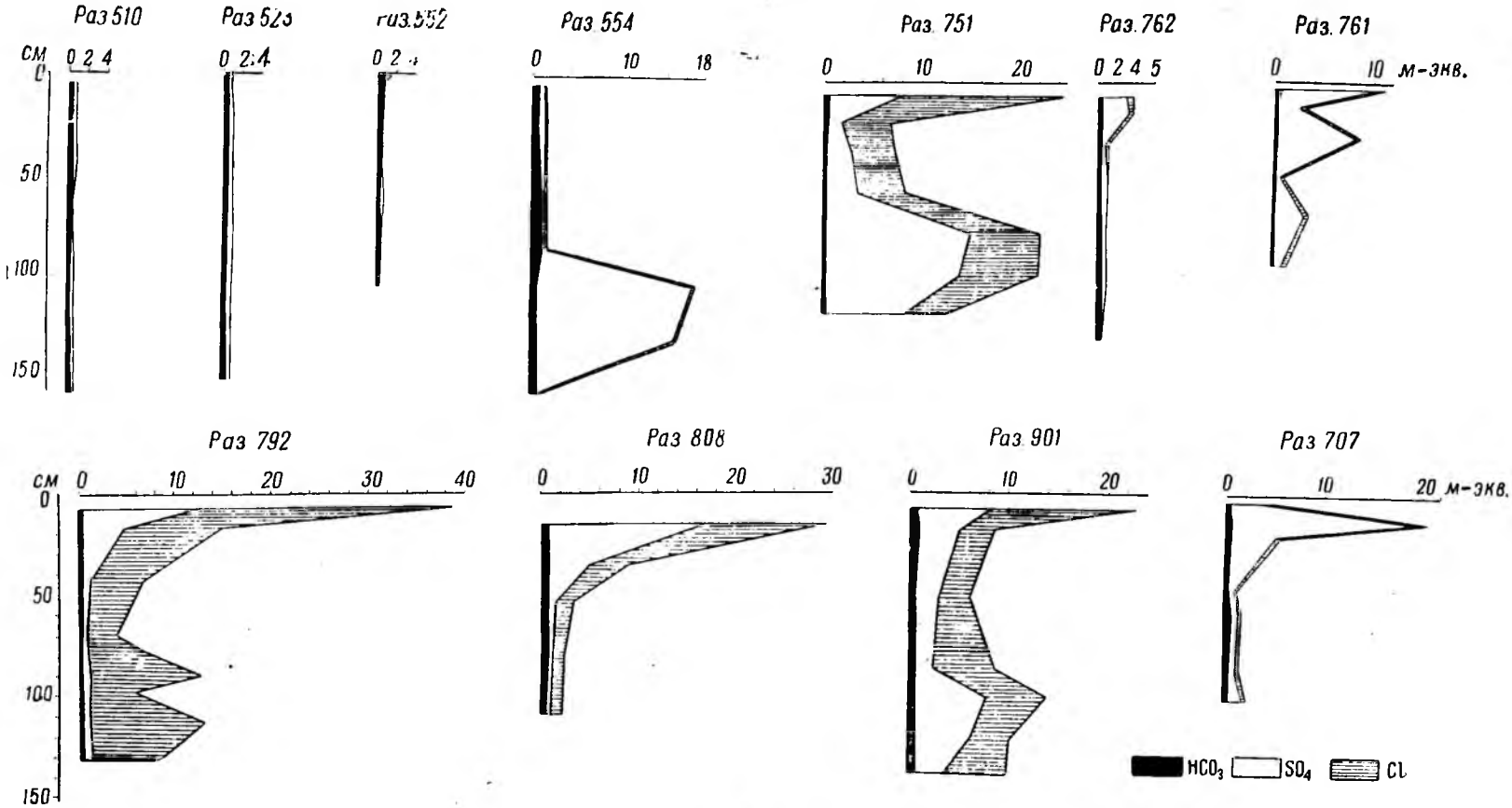
В $\frac{\%}{\text{м-экв.}}$ на 100 г абс. сухой почвы

Анализы лаборатории Института агропочвоведения

№ разреза	Почва и место взятия образца	Глубина в см	Гигроскопическая вода	Сухой остаток	Водорастворимый гумус	Щелочность общая в HCO_3'	SO_3	Cl'	CaO	MgO	$Na' + K'$ по разности в м-экв.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
77	Пылевато-песчаная, слабо сформированная дерновая почва. Прирусловая приволжская часть, сглаженная грива. 4/VIII—1928 г. Б. Н. Фирфаров	0—4	3.9	0.108	0.009	0.030 / 0.48	0.03 / 0.82	Следы	0.029 / 1.03	Следы	0.27
		4—14	2.7	0.063	0.003	0.030 / 0.48	0.018 / 0.45	»	0.021 / 0.74	»	0.19
		14—33	4.3	0.064	0.001	0.032 / 0.52	0.014 / 0.35	»	0.018 / 0.65	»	0.22
		33—120	0.9	0.038	Нет	0.025 / 0.040	0.012 / 0.30	»	0.013 / 0.47	»	0.23
8	Дерново-луговая зернистая заболоченная почва. Калмыцкая поляна. Широкое и пологое повышение в конце гривы 2/VIII—1928 г. Л. И. Иозефович и Б. Н. Фирфаров	0—17	6.4	0.136	0.009	0.054 / 0.86	0.033 / 0.82	0.006 / 0.17	0.032 / 1.14	0.008 / 0.40	0.31
		17—38	8.3	0.111	0.007	0.24 / 0.39	0.027 / 0.67	Следы	0.024 / 0.85	0.007 / 0.35	—
		38—74	7.8	0.100	0.004	0.029 / 0.47	0.026 / 0.65	»	0.030 / 1.07	0.009 / 0.65	—
		74—90	4.9	0.152	0.001	0.036 / 0.59	0.042 / 1.05	»	0.018 / 1.10	0.006 / 1.05	0.24
		90—111	2.3	0.113	Нет	0.066 / 1.08	0.031 / 0.77	0.004 / 0.11	0.019 / 0.46	0.003 / 0.77	1.24
		111—139	1.3	0.090	0.001	0.077 / 1.26	0.020 / 0.50	Следы	0.020 / 0.67	0.004 / 0.20	0.89
9	Калмыцкая поляна; центральная пониженная часть. Дерново-луговая зернистая заболоченная почва 2/VIII—1928 г. Л. И. Иозефович и Б. Н. Фирфаров	0—18	6.7	0.100	0.019	0.022 / 0.37	0.016 / 0.41	»	0.013 / 0.48	Следы	0.30
		18—41	7.7	0.110	0.018	0.024 / 0.39	0.014 / 0.36	»	0.012 / 0.43	»	0.32
		41—64	8.0	0.087	0.006	0.021 / 0.34	0.014 / 0.36	»	0.011 / 0.42	»	0.28

		64—105	7.9	0.079	0.003	0.028 0.45	0.018 0.45	Следы	0.021 0.75	Следы	0.20
63	Зернистая тяжело суглинистая солончаковатая почва. Широкогривистая равнина. Разрез сделан на широкой гриве среди заболоченных понижений. Луг высокого уровня. 6—7 км на ЮВ от Ленинска. 9/VIII—1930 г. Б. Н. Фирфаров	0—10	6.9	1.841	0.028	0.024 0.38	0.841 21.03	0.019 0.54	0.238 8.50	0.222 11.10	2.35
		10—23	4.2	2.008	0.033	0.027 0.44	1.01 25.16	0.009 0.25	0.332 11.85	0.262 13.11	0.89
		23—47	6.1	1.793	0.005	0.028 0.46	0.929 23.21	0.006 0.17	0.370 13.29	0.198 9.90	0.74
		47—67	4.3	0.816	0.002	0.035 0.58	0.403 10.08	0.005 0.13	0.132 4.71	0.112 5.61	0.47
		67—90	3.5	0.154	Нет	0.039 0.64	0.065 1.63	0.003 0.97	0.020 0.70	0.018 0.94	1.60
1641	Зернистая солонцевато-солончаковатая почва. Высокая зернистая пойма. с. Старица. 12/VIII—1930 г. А. Г. Курганский	0—2	6.72	0.092	0.015	0.019 0.34	0.029 0.73	Нет	0.013 0.47	0.006 0.32	0.28
		2—37	7.2	0.101	0.019	0.051 0.83	0.050 1.25	Следы	0.013 0.46	0.011 0.53	1.09
		37—68	7.0	0.154	0.010	0.068 1.11	0.032 0.79	0.001 0.04	0.012 0.44	0.011 0.53	0.97
		68—90	6.3	1.007	0.005	0.056 92	0.497 12.43	0.008 0.22	0.132 4.71	0.120 5.97	2.89
		90—112	7.4	1.644	0.003	0.050 0.82	0.826 20.68	0.008 0.24	0.257 9.19	0.184 9.15	3.40
		112—123	5.2	1.706	0.003	0.053 0.87	0.848 21.20	0.009 0.27	0.282 10.07	0.180 8.95	3.32
18	Дерновая зернистая перегнойная почва. Высокий незаливаемый бугор, поросший дубовой порослью. 4/VIII—1928 г. Л. И. Иозефович и Б. Н. Фирфаров	0—9	3.5	0.348	0.088	0.041 1.16	0.012 0.30	0.002 0.05	0.049 1.75	Следы	—
		9—24	5.0	0.134	0.023	0.088 0.62	0.007 0.17	Следы	0.021 0.75	»	0.04
		24—42	4.2	0.108	0.009	0.025 0.40	0.022 0.55	0.002 0.05	0.019 0.67	»	0.33
		42—57	4.4	0.126	0.003	0.020 0.32	0.033 0.82	0.005 0.14	0.026 0.92	»	0.38
		57—79	4.7	0.168	0.004	0.021 0.34	0.068 1.70	0.012 0.34	0.040 1.42	»	0.96
		79—96	4.4	0.169	0.002	0.022 0.36	0.061 1.52	0.015 0.42	0.029 1.03	»	1.27
		96—110	4.2	159	0.001	0.027 0.44	0.053 1.32	0.011 0.31	0.030 1.07	»	1.00

Примечание. Пересчеты в м-экв. выполнены автором.



Фиг. 4. Солевые профили почв Волго-Ахтубинской поймы и дельты р. Волги:

разрез 510—аллювиально-луговая супесчанно-песчаная почва; 523 — дерново-луговая зернистая с признаками заболачивания; 552 — аллювиально-луговая слоистая почва; 554 — зернистая солонцевато-осолоделая глинистая почва; 751 — слоистая, переходящая в зернистую, солончаковатая почва; 762 — слоистая, переходящая в зернистую, слабо солончаковатая почва; 761 — заболоченная, слабо засоленная почва; 792 — дерново-луговая, слоистая, солончаковая почва; 808—слоистая, переходящая в зернистую, солончаковая почва; 901 — слоистая, солончаковая, заболаченная почва, заросли тростника; разрез 707—прирусловая гривка в районе подстепных ильменей.

Таблица 7

Анализ сокращенных водных вытяжек из образцов почв дельты Волги при отношении почвы к воде 1 : 5

В % на абс. сухую почву Анализы лаборатории Моск. почв. инст., 1927 г. Аналитик В. Щербинин

№ разреза	Почва и место взятия образца	Глубина в см	Гигроскопическая вода	Плотный остаток	Зольный остаток	Потеря при прокаливании плотного остатка	Водорастворимый гумус	Общая щелочность в HCO'_3	Cl	SO_3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
751	Слоистая, переходящая в зернистую, солончаковая, средне-заболоченная, прирусловая часть поймы. Красноярское оп. поле	0—14	8.29	1.774	1.656	0.118	0.011	0.029	0.575	0.297
		14—27	3.43	0.516	0.434	0.082	0.005	0.028	0.180	0.055
		27—44	2.31	0.464	0.356	0.108	0.004	0.026	0.160	0.096
		44—65	2.41	0.672	0.534	0.138	0.004	0.026	0.174	0.124
		65—86	4.03	1.672	1.518	0.154	0.005	0.028	0.250	0.588
		86—107	5.38	1.646	1.432	0.214	0.002	0.029	0.283	0.547
		107—125	2.95	0.914	0.828	0.086	0.005	0.026	0.124	0.319
762	Слоистая, переходящая в зернистую, слабо солончаковатая с признаками солонцеватости. Грива. Красноярское оп. поле	0—12	4.55	0.306	0.280	0.026	0.007	0.030	0.027	0.101
		12—27	4.36	0.300	0.282	0.018	0.005	0.035	0.012	0.111
		27—36	6.05	0.118	0.104	0.014	0.004	0.032	0.006	0.021
		36—64	7.39	0.138	0.106	0.032	0.005	0.032	—	0.028
		64—86	3.15	0.096	0.084	0.012	0.004	0.037	—	0.018
		86—124	5.56	0.104	0.084	0.020	0.005	0.038	—	0.019
		124—134	6.95	0.104	0.096	0.008	0.005	—	—	0.021
808	Слоистая, переходящая в зернистую, солончаковая. Пониженная центральная часть острова	0—27	7.22	2.01	1.81	0.20	0.010	0.048	0.441	0.657
		27—47	3.20	0.77	0.66	0.11	0.006	0.050	0.145	0.161
		47—62	1.51	0.32	0.26	0.06	0.004	0.040	0.063	0.034
		62—80	1.08	0.24	0.04	0.04	0.004	0.041	0.045	0.018
		99—125	1.23	0.26	0.22	0.04	0.004	0.038	0.042	0.017
901	Слоистая, солончаковая заболоченная. Заросли тростника (заповедник «Дамчик»). Переход от прирусловья к центральной части острова	0—15	10.38	1.77	1.54	0.22	0.014	0.038	0.526	0.305
		15—20	3.78	0.74	0.63	0.11	0.007	0.054	0.130	0.167
		20—40	1.76	0.50	0.43	0.07	0.005	0.037	0.116	0.062
		40—67	2.05	0.57	0.51	0.06	0.005	0.038	0.110	0.095
		67—89	2.95	0.77	0.70	0.07	0.005	0.041	0.149	0.151
		89—116	4.37	1.21	1.70	0.14	0.006	0.039	0.221	0.287
		116—132	2.90	0.83	0.73	0.10	0.004	0.044	0.148	0.217
		132—150	6.29	0.85	0.74	0.11	0.005	0.046	0.233	0.108
761	Заболоченная, слабо засоленная. Понижение. Красноярск. оп. поле	0—6	10.21	0.99	0.93	0.06	0.090	0.050	0.020	0.40
		6—18	3.12	0.27	0.25	0.02	0.060	0.020	0.012	0.10
		18—37	4.59	0.35	0.32	0.03	0.110	0.030	0.010	0.32
		37—55	1.18	0.13	0.12	0.01	0.044	0.020	0.007	0.018
		55—75	3.57	0.31	0.27	0.04	0.167	0.020	0.011	0.12
		75—87	8.36	0.63	0.58	0.05	0.040	0.020	0.020	0.26
792	Дерново-луговая, слоистая, солончаковая почва на ВЮВ от пос. Ямного, в пониженной центральной части острова. Растительность: *Scirpus maritimus*, *Aeluropus littoralis*, *Cripsis schoenoides*, *Salicornia herbacea*	0—13	7.11	2.920	2.462	0.458	0.009	0.026	0.918	0.501
		13—22	3.28	1.088	0.934	0.154	0.004	0.028	0.356	0.171
		22—66	1.52	0.506	0.392	0.114	0.002	0.028	0.189	0.036
		66—76	0.91	0.318	0.272	0.046	0.002	0.028	0.112	0.016
		76—87	1.54	0.530	0.378	0.152	0.004	0.026	0.189	0.025
		87—95	4.28	0.902	0.756	0.146	0.002	0.022	0.408	0.040
		95—103	1.44	0.422	0.340	0.082	0.004	0.029	0.165	0.0233
		103—125	5.26	0.886	0.770	0.116	0.002	0.023	0.414	0.032
		125—143	2.85	0.570	0.490	0.080	0.002	0.026	0.245	0.037

Примечание. Реакция во всех образцах щелочная.

Таблица 8

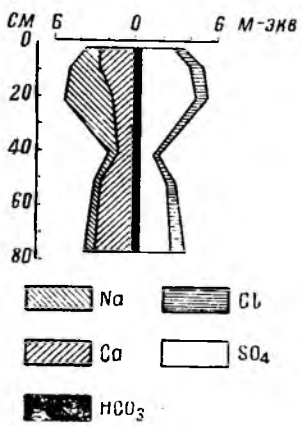
Состав водной вытяжки из болотнолуговой ильменной почвы у пос. Оля

В $\frac{\%}{\text{м-экв.}}$ на 100 г почвы

Данные Т. А. Смолиной, анализы лаборатории ГИЗО

Горизонт	Глубина в см	Сухой остаток	Водорастворимый гумус	HCO_3'	Cl'	SO_3	CaO	MgO	$Na' + K'$ по разности в м-экв.
A	0—7	0.358	0.034	0.016 / 0.26	0.028 / 0.79	0.107 / 2.67	0.078 / 2.78	Следы / —	0.94
B	7—13	0.450	0.050	0.016 / 0.26	0.035 / 0.99	0.153 / 3.82	0.078 / 2.78	Следы / —	2.29
B_2	13—30	0.280	0.024	0.021 / 0.34	0.021 / 0.59	0.173 / 4.33	0.051 / 1.82	Следы / —	3.44
C	30—53	0.136	0.009	0.027 / 0.44	0.007 / 0.20	0.043 / 1.07	0.039 / 1.39	Следы / —	0.32
C	53—60	0.228	—	0.026 / 0.43	0.013 / 0.37	0.083 / 2.08	0.070 / 2.50	Следы / —	0.38
C	60—95	0.346	—	0.027 / 0.44	0.032 / 0.90	0.097 / 2.42	0.078 / 2.88	Следы / —	0.88

жены разрезы 901, 808 и 792. Эта ожидаемая закономерность перекрывается влиянием различий в водно-термическом режиме почв на разных элементах рельефа дельтовых островов, механического состава почв и аллювиальных отложений, влиянием растительного покрова и хозяйственного использования дельты. Как правило, высокая хлоридность водных вытяжек наблюдается при высоких степенях осолонения. При менее сильном засолении возрастает роль сульфатов. В итоге в пределах одного и того же острова имеется большая пестрота как в степенях засоления, так и в составе солей, преобладающих в составе водных вытяжек.



Фиг. 7. Солевой профиль болотно-луговой ильменной почвы; заросли тростника (август 1922 г.).

Пестроту засоления показывают данные табл. 7 по разрезам 751, 761 и 762, заложенным в пределах одного и того же острова на луговом участке Красноярского опытного поля.

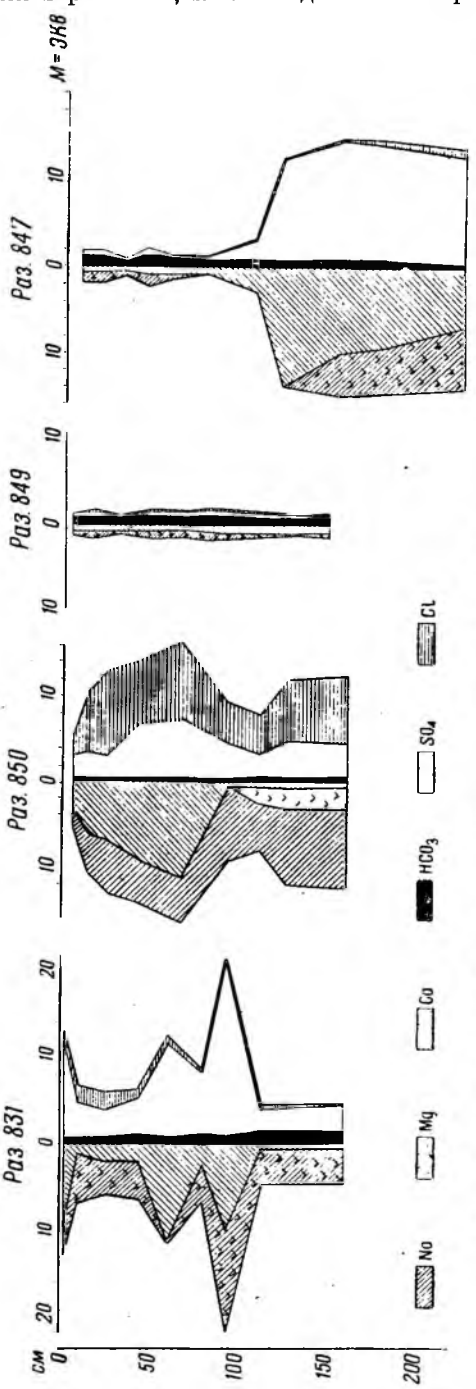
В табл. 9 и на фиг. 8 приводятся наши данные по засоленности орошаемых почв на разных элементах рельефа обвалованного острова в с. Башмаковка (13 км к югу от Астрахани).

Разрез 831, заложенный вблизи водооградительного вала на посевах хлопчатника, показывает наиболее высокое содержание солей — 1.2% — в поверхностной корке. Образцы этого разреза были взяты после окончания паводка. Во время высокого стояния воды в Волге за валом вода находилась выше поверхности почвы данного разреза. Грунтовые воды под посевами хлопчатника в это время находились на небольшой глубине, испытывая напорное действие паводка. Под влиянием этого происходит весьма интенсивное капиллярное поднятие солей к поверхности, и население бывает вынуждено в этот период многократно поливать такие участки в целях вмывания солей в нижние горизонты почвы.

В конце апреля — начале мая 1930 г. мне приходилось наблюдать, как колхозники села Три Протока, посеявшие огурцы на аналогичном участке, вынуждены были 3 раза их пересевать, пока не добились нормальных всходов. Перед посевом и каждым пересевом они делали интенсивную промывку почвы. Прилегающая к этому орошаемому участку полоса была покрыта резко выраженным солончаком с «пухлым» от солей поверхностным горизонтом в 10 см.

Распределение солей по профилю разреза 831 достаточно хорошо отражает эти условия чередующихся процессов поднятия и промывания солей. Распределение сухого остатка, SO_4'' и $Ca^{\cdot\cdot}$ дает первый максимум в поверхностном горизонте, свидетельствуя о наличии устойчивых капиллярных токов к поверхности. Второй и третий максимумы на глубинах 48—74 см и 87—104 см отвечают прослойкам с более тяжелым механическим составом.

Содержание хлоридов в этом разрезе невелико и дает максимум на глубине 15—37 см; небольшое содержание хлоридов свидетельствует о промывающем действии поливов, опресняющих почву. Каждое накопление хлористых и сернокислых солей в поверхностных горизонтах почвы, содержащей карбонаты (в разрезе 831 поверхностный горизонт имеет 0.73% карбонатной CO_2), в результате обменных реакций сернокислого натрия с углекислым кальцием влечет за собой образование новых количеств гипса, выпадающих из раствора и не промываемых полностью последующими поливами и промывками. Этим процессом объясняется первый максимум $Ca^{\cdot\cdot}$ и SO_4'' в поверхностной корке.



Фиг. 8. Солевые профили почв дельты р. Волги на обвалованном острове (с. Башмаковка):
разрез 831 — дерново-луговая слоистая почва (1/VIII—1928 г.); разрез 850 — дерново-луговая солончаковатая почва (18/VIII—1928 г.); разрез 847 — аллювиально-дельтовая почва у подножья бугра, орошаемые поляны (20/VIII—1928 г.).

Разрез 849 (табл. 9 и фиг. 8) характеризует засоленность орошаемой почвы в понижении центральной части обвалованного острова. Здесь засо-

Таблица 9

Состав водной вытяжки из орошаемых почв обвалованных участков дельты Волги при отношении почвы к воде, равном 1 : 5

В $\frac{\%}{\text{м-экв.}}$ на 100 г почвы

Анализы лаборатории ГИЗО

№ разреза	Почва и место взятия образцов	Глубина в см	Гигроскопическая вода в %	Сухой остаток в %	Водорастворимый гумус в %	Щелочность общая в HCO_3	Cl	SO_3	CaO	MgO	$Na^{\cdot} + K^{\cdot}$ по разности в м-экв.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
											$Mg^{\cdot\cdot} + Na^{\cdot}$
831	Дерново-луговая слоистая почва. С. Башмаковка. Орошаемый хлопок угнетен от засоления. 1/VIII—1928 г.	0—4	2.6	1.216	0.001	0.048 0.78	0.047 1.34	0.452 11.30	0.276 9.85	по разности 3.57	
		4—15	1.6	0.516	0.001	0.046 0.75	0.070 2.00	0.166 4.14	0.030 1.08	5.51	
		15—37	2.3	0.508	0.007	0.050 0.82	0.073 2.10	0.123 3.08	0.059 2.11	3.89	
		37—48	1.2	0.419	0.001	0.074 1.21	0.037 1.06	0.166 4.14	0.057 2.03	4.38	
		48—74	2.6	1.318	0.001	0.055 0.90	0.034 0.96	0.439 10.90	0.317 11.33	1.43	
		74—87	2.2	0.615	0.001	0.076 1.25	0.016 0.44	0.279 6.97	0.071 2.54	4.22	
		87—104	4.9	1.706	0.001	0.067 1.02	0.027 0.78	0.810 20.25	0.280 10.00	12.05	
		104—146	2.8	0.380	0.002	0.102 1.67	0.022 0.62	0.095 2.36	0.014 0.51	4.14	
		146—175	1.1	0.139	0.002	0.101 1.65	0.006 0.18	0.032 0.80	0.018 0.62	2.01	
849	Перегнойно-болотная почва. Обвалованный остров с. Башмаковки. Центральная часть ильменя. Посевы хлопка в артели «Сабанче». 18/VIII—1928 г.	0—9	4.3	0.126	0.007	0.055 0.90	0.002 0.07	0.016 0.41	0.024 0.85	0.53	
		9—23	4.2	0.091	0.005	0.057 0.93	0.003 0.09	0.023 0.58	0.024 0.85	0.76	

		23—40	2.0	0.070	0.003	0.055 0.90	Следы	0.009 0.22	0.024 0.85	0.30		
		40—59	5.7	0.096	0.003	0.068 1.04	0.003 0.09	0.021 0.51	0.022 0.80	0.84		
		59—78	6.2	0.096	0.003	0.060 0.98	0.003 0.09	0.019 0.48	0.019 0.68	0.87		
		78—87	8.0	0.109	0.003	0.070 1.15	0.004 0.11	0.023 0.58	0.028 0.99	0.85		
		87—104	6.9	0.116	0.002	0.068 1.11	0.004 0.12	0.018 0.46	0.031 1.10	0.59		
		104—120	2.3	0.087	0.002	0.060 0.98	0.003 0.10	0.013 0.33	0.032 1.13	0.28		
		120—144	0.8	0.068	0.001	0.053 0.86	Следы	0.012 0.31	0.028 1.01	0.15		
		144—177	1.2	0.082	—	0.057 0.92	0.007 0.21	0.009 0.22	0.025 0.89	0.46		
850	Дерново-луговая солончаковатая почва. Повышенная ровная часть острова, прилегающая к ильменю; на 1 м выше разреза 849. Угнетенный хлопчатник 18/VIII—1928 г.	0—12	4.9	0.448	0.008	0.049 0.81	0.074 2.08	0.093 2.32	0.084 3.01	Следы	2.20	
		12—18	4.9	0.864	0.005	0.033 0.55	0.218 6.14	0.158 3.93	0.170 6.08	»	4.54	
		18—33	4.2	0.927	0.002	0.033 0.55	0.352 9.95	0.097 2.42	0.190 6.78	»	6.14	
		33—54	3.0	1.080	0.005	0.033 0.55	0.261 7.35	0.245 6.12	0.251 8.95	»	5.07	
		54—81	3.3	1.250	0.005	0.032 0.52	0.251 7.10	0.348 8.69	0.311 11.08	»	5.23	
		81—108	2.4	0.672	0.003	0.031 0.50	0.174 4.91	0.156 3.91	0.115 0.52	»	8.81	
		108—116	2.3	0.996	0.003	0.038 0.62	0.168 4.74	0.103 2.59	0.013 0.45	0.042 2.08	5.42	
		116—139	3.0	0.879	0.002	0.036 0.58	0.253 7.12	0.169 4.22	0.018 0.63	0.051 2.51	8.78	
		139—185	3.7	0.803	0.002	0.042 0.69	0.283 8.00	0.154 3.86	0.015 0.53	0.052 2.58	9.44	

Продолжение табл. 9

№ раз-реза	Почва и место взятия образца	Глубина в см	Гигроскопическая вода в %	Сухой остаток в %	Водорастворимый гумус в %	Щелочность общая в HCO_3	Cl	SO_3	CaO	MgO	$Na^{\cdot} + K^{\cdot}$ по разности в м-экв.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
										$Mg^{\cdot\cdot} + Na^{\cdot}$	
847	С. Башмаковка. Орошаемые яблони. У подножья бэровского бугра. 20/VIII—1928 г.	0—14	1.8	0.122	0.006	0.074 1.21	Следы	0.031 0.77	0.018 0.62	по разности	
										1.36	
		14—26	1.3	0.102	0.004	0.079 1.29	»	0.028 0.70	0.020 0.70	1.29	
		26—38	0.8	0.098	0.003	0.040 0.65	»	0.012 0.29	0.014 0.50	0.44	
		38—51	1.3	0.112	0.003	0.087 1.43	0.004 0.12	0.030 0.75	0.028 0.99	1.31	
		51—64	0.9	0.092	0.002	0.070 1.15	Следы	0.012 0.29	0.024 0.85	0.59	
		64—93	1.3	0.081	0.001	0.055 0.89	0.003 0.09	0.013 0.32	0.024 0.85	—	
		93—119	1.2	0.266	0.001	0.056 0.92	0.006 0.16	0.096 2.40	0.088 3.15	0.33	
		119—150	1.6	1.192	0.001	0.049 0.80	0.005 0.14	0.472 11.81	0.396 14.12	—	
		150—158	—	1.116	0.001	0.055 0.92	0.009 0.26	0.560 13.99	0.280 10.00	5.17	
		190—220	2.8	1.128	0.001	0.057 0.92	0.020 0.56	0.533 13.33	0.259 9.25	5.56	
		220—250	4:3	1.045	0.001	0.041 0.67	0.033 0.95	0.500 12.50	0.193 6.89	7.23	

Таблица 10

Засоленность почв дельты Волги на различных элементах рельефа. Совхоз «Рассадхлопок», 1930 г.

№ разреза, профиля и дата	Название почвы и элемент рельефа	Глубины в см	Сухой остаток в % и г на литр	HCO_3'	Cl'	SO_4''	$Ca^{··}$	$Mg^{··}$	$Na^{·}$ по разности	Сумма анионов	Гигроскопическая вода в %
				в м-экв. на 100 г почвы и на 1 л для грунтовой воды							
раз. № 1, проф. I; 6 VI 1930 г.; после 1-го полива	Бурая супесчаная: вершина бэровского бугра. Посевы хлопчатника	0—10	0.088	0.82	Следы	0.75	0.86	Следы	0.71	1.57	1.20
		10—20	0.072	0.95	»	0.85	1.14	»	0.66	1.80	1.56
		20—40	0.070	0.95	»	0.62	0.82	»	0.75	1.57	1.65
		40—60	0.102	1.28	0.17	0.75	1.14	»	1.06	2.20	1.40
		60—100	0.136	0.92	0.79	0.97	0.93	»	1.75	2.68	1.44
	Грунтовая вода	—	5.50	5.24	42.0	19.75	23.94	27.25	15.80	66.99	—
раз. № 3, проф. I; 6/VI 1930 г.; перед орошением	Дерново-луговая заболоченная суглинистая на супеси; конец северного шлейфа бэровского бугра	0—25	0.180	0.75	0.17	1.30	1.03	1.49	0.70	2.22	3.54
		25—47	0.088	0.46	0.11	0.95	0.71	0.50	0.31	1.52	2.46
		47—51	0.088	0.56	Следы	0.75	0.79	0.50	0.02	1.31	1.24
		51—80	0.092	0.39	»	0.85	0.79	0.50	0.03	1.24	1.63
	Грунтовая вода	—	1.45	5.90	6.21	5.25	10.00	3.32	4.06	17.36	—
раз. № 5, проф. I; 6/VI 1930 г.; перед орошением	Дерново-луговая солонцеватая суглинистая; ложбинка у подножья бэровского бугра	0—15	0.350	0.62	0.59	3.05	2.14	1.24	0.88	4.26	5.10
		15—30	0.128	0.56	0.20	0.82	0.89	0.70	—	1.58	5.25
		30—50	0.102	0.70	0.17	0.62	0.71	0.50	0.28	1.49	4.60
		50—70	0.098	0.74	0.09	0.55	0.82	0.50	0.06	1.38	3.98
		70—100	0.098	0.70	0.11	0.62	0.78	0.50	0.15	1.43	2.75
	Грунтовая вода	—	1.96	12.10	9.88	12.75	14.63	5.95	14.15	34.73	—
рав. № 7, проф. I; 6/VI 1930 г.; без орошения	Дерновая солончаковая суглинистая с супесчаной прослойкой; начало склона от гривы к ильменю	0—8	1.830	0.46	14.10	9.75	9.65	7.45	7.21	24.31	3.1
		8—14	1.650	0.61	17.20	6.75	5.35	6.45	12.76	24.56	3.4
		14—35	2.670	0.46	13.80	24.75	20.00	8.93	10.08	89.01	3.5
		35—48	1.840	0.48	9.30	16.75	12.14	7.45	6.94	26.53	1.9
		48—63	1.120	0.51	8.75	7.25	5.00	7.45	4.06	16.51	1.95
		63—100	1.030	0.51	10.70	3.50	2.86	3.97	7.88	14.71	2.3
	Грунтовая вода	—	21.93	17.05	260.0	43.75	84.70	98.40	137.70	320.80	—
раз. № 2, проф. II; 6/VI 1930 г.; неорошаемый	Бурая солонцеватая; нижняя треть северного склона бэровского бугра	0—10	0.102	0.72	Следы	0.50	0.57	Следы	0.15	1.22	1.24
		10—20	0.080	0.59	0.11	0.55	0.79	»	—	1.25	1.53
		20—48	0.140	0.69	1.24	0.75	0.86	»	1.07	2.68	1.47
		48—80	1.616	0.54	10.20	14.20	3.78	6.26	14.90	24.94	4.28
	Грунтовая вода	—	44.54	4.75	367.0	262.0	112.0	27.3	494.45	633.75	—
раз. № 3, проф. II; 6/VI 1930 г.	Дерново-луговая солонцевато-солончаковатая супесчаная на суглинке Подножье северного склона бугра	0—5	0.356	0.56	1.07	3.15	1.07	1.49	2.22	4.78	1.29
		5—17	0.597	0.69	5.86	3.85	1.86	2.58	5.96	10.40	3.32
		17—30	1.026	0.67	9.20	4.65	3.21	4.46	6.85	14.52	4.29
		30—48	1.208	0.59	7.45	11.40	3.36	4.65	11.43	19.44	4.03
		48—86	2.364	0.59	9.30	24.47	9.95	7.55	6.86	24.36	6.10
раз. № 4, проф. III; 11/IX 1930 г.	Дерновая солончаковатая суглинистая почва на предильменной терраске у подножья южного склона бугра	0—17	2.20	1.22	5.36	11.50	10.40	1.22	3.44	18.06	2.26
		17—27	1.37	1.38	1.47	17.00	8.42	3.97	7.46	19.85	2.24
		27—47	1.07	1.18	1.97	12.00	4.72	3.18	7.25	15.15	2.43
		47—67	1.37	0.89	1.69	17.50	10.15	3.38	6.55	20.08	1.58
		67—82	1.81	0.72	1.13	22.50	13.22	4.85	6.28	24.35	2.29
	Грунтовая вода	—	45.05	3.28	517.0	195.0	122.1	214.2	378.98	715.28	—

ленность значительно ниже, чем в прилегающей к водооградительному валу полосе (разрез 831); хлориды в этом разрезе содержатся в пределах тысячных долей процента, сульфаты и CaO — в пределах сотых долей. Отсутствие избытка солей по всей глубине разреза свидетельствует о том, что и до орошения эта почва не была засолена. Возможно, что это обусловлено проходившими здесь протоками и легким механическим составом подстилающих отложений; в данном разрезе не проявляется засоление, несмотря на то, что он заложен на участке, который, по данным нашей нивеллировки, лежит на 30 см ниже сентябрьского уровня воды в Волге.

Разрез 850 расположен на расстоянии около 400—450 м от разреза 849, на относительно повышенной ровной части острова с дерново-луговой зернистой солончаковой почвой. Анализ водной вытяжки показывает значительную осолоненность этой почвы с преобладанием в целом по разрезу хлоридов над сульфатами и большим количеством натрия. Наблюдения за динамикой засоленности этой почвы за период с 12 июня по 28 октября показали весьма интенсивное поднятие в верхние горизонты хлоридов и сульфатов за этот период, с увеличением засоленности слоя 0—20 см в несколько раз, по сравнению с первоначальным, по всем компонентам вытяжки.

В этом разрезе, так же как и в ряде других разрезов вторичнозасоленных почв обвалованных участков дельты, обращает на себя внимание значительное содержание $CaCl_2$. То же самое отмечал в засоленных почвах обвалованных площадей дельты Н. Н. Соколов. Можно полагать, что появление $CaCl_2$ обусловлено накоплением NaCl в незасоленной ранее почве; результаты реакций NaCl с обменом $Ca^{\cdot\cdot}$ почвы и с $CaSO_4$ и являются причиной наличия $CaCl_2$ во вторичнозасоленных почвах дельты. В пасмурную влажную погоду пятна таких солончаков выделяются на поверхности обвалованных площадей своей влажностью и темным цветом.

Разрез 847 характеризует солевой состав делювиально-аллювиальной почвы бэровского бугра, запятой орошаемыми яблонями. Для этого разреза характерна промытость верхней части профиля до 119 см и значительное хлоридно-сульфатное засоление его нижней части. Причины такого распределения солей при относительно неглубоком уровне грунтовой воды двояки: во-первых, яблони, расположенные на этом участке, получают довольно частые поливы (в 1928 г. 9 поливов), грунтовые воды с участка имеют сток на соседние неорошаемые площади и, во-вторых, верхняя часть этого разреза имеет более легкий механический состав, чем его нижняя часть.

В таблице 10 приводятся данные о засоленности почв по разным элементам рельефа бэровского бугра. Бугор впервые начали орошать в 1930 г. и тогда же были собраны (М. Г. Рыженковой) исходные данные для описываемого профиля.

Анализы водных вытяжек показывают значительную пестроту в степени минерализации и составе грунтовых вод даже на близких, сравнительно, расстояниях. Наименее минерализованы грунтовые воды в депрессиях поемного рельефа, получающих дополнительное весеннее увлажнение. Минерализация повышается под бэровским бугром, особенно в местах залегания суглинистых отложений (разрез 2, проф. II), под поемной гривой, разделяющей депрессии поемного рельефа (разрез 7), и под предильменной террасой, окружающей ильмень, заполненный водой (разрез 4).

Содержание солей в верхнем метре почвы тесно связано с рельефом, условиями поверхностного увлажнения, минерализацией грунтовых вод и механическим составом подстилающих отложений. Высокому положению песчано-пылеватых бурых почв бэровского бугра отвечает сильная опресненность их верхнего метра; то же самое наблюдается на северных

шлейфах бугра, при легком механическом составе слагающих их пород, и в депрессиях с опресненными грунтовыми водами. Более тяжелому механическому составу (разрез 2 нижней трети склона II профиля) отвечает солонцеватая почва, со значительным запасом солей в нижних горизонтах. Наиболее сильно засолена почва гривы с перемежающимся характером слоистых наносов и высокой минерализацией грунтовой воды (разрез 7).

Значительную роль растительного покрова в процессах засоления-рассоления дельтовых почв можно было видеть и из приведенных выше материалов. Отметим, что при выпадении тростников по мере старения дельты и смене их низкорослой растительностью солончаковатых лугов резко усиливаются процессы летнего накопления солей в поверхностных горизонтах почвы. Наблюдения экспедиции на лугах Красноярского опытного поля летом 1928 г. показали, что под группировкой *Aeluropus littoralis* (делянка 10) от схода полых вод до осени шло интенсивное накопление солей. В то же время под пырейно-разнотравным лугом (делянка 5) за тот же период времени отмечено промывание солей или по меньшей мере отсутствие их поднятия в поверхностные горизонты.

Материалы исследований засоленности почв дельты, из которых в настоящей статье мы привели лишь незначительную часть, позволяют отметить следующие закономерности в засолении почв дельты.

Засоленность почв в дельте Волги характеризуется довольно высокими степенями и высоким участием хлоридов, отражая тем самым общую закономерность концентрации Cl и SO_4 в низовых частях речных бассейнов.

Распределение засоления связано с рельефом дельтовых островов, условиями промывания почвы паводком, глубиной залегания и сточностью грунтовых вод, механическим составом и генезисом отложений, процессом развития почвенного покрова, сменой растительных группировок в процессе развития почв и хозяйственной деятельностью человека (сенокошение и выпас, выжигание тростниковых зарослей, обвалование островов, различные виды орошения и сельскохозяйственного использования территории).

Минерализация грунтовых вод в дельте тесно связана с условиями почвообразования и условиями относительной сточности их в окружающие острова протоки. Наименее засолены грунтовые воды в узкой полосе прирусловой поймы, окаймляющей каждый остров вдоль речных русел, а также на месте заглохших и занесенных протоков, подстилаемых речными песчаными отложениями. Наиболее минерализованы грунтовые воды в центральных частях островов, где грунтовые воды практически не имеют оттока в речные русла и постепенно повышают свою минерализацию за счет солей, ежегодно приносимых паводком и образующихся в процессе выветривания и почвообразования. Тяжелый механический состав отложений, в которых залегают грунтовые воды, способствует повышению их минерализации. Минерализация грунтовых вод возрастает также в местах их усиленного испарения: под небольшими гривками с почвами пылеватого механического состава, по границе затопления паводком ильменей и расположенных на островах бэровских бугров, где промывное действие нисходящих токов паводка не может компенсировать засоляющего действия восходящих капиллярных токов от грунтовой воды, приподнятой действием паводка.

Имеющимся материалом не подтверждается рост минерализации грунтовых вод по направлению от верховьев дельты к побережью моря. Ясно отмечается рост минерализации грунтовых вод и воды поверхностных водоемов по мере передвижения от современной дельты на запад, в придельтовые ильмени, в зону контакта дельты со степью (древней дельтой). Рост засоленности в названном направлении обусловлен односторонним поступлением волжской воды в придельтовые ильмени и интенсивным ее испарением в мелких межбугровых лагунах. В том же направлении влияет периодический приток солей со степи с поверхностными и грунтовыми водами.

Засоленность почвенного покрова изменяется по элементам рельефа аналогично изменению засоленности грунтовых вод. Наиболее засолены почвы в зоне границы затопления паводком шлейфов бэровских бугров, невысокие гривы и пологие склоны к ильменям в зоне неглубокого и более кратковременного затопления, гривы вдоль непроточных ериков и других водоемов, а также почвы в центральных частях островов, развитые на отложениях тяжелого механического состава. Наименее засолены прирусловые гривы вдоль крупных протоков в узкой кайме опресненных грунтовых вод, вершины и верхние части склонов бэровских бугров в случае, когда они сложены легкими песчано-пылеватыми наносами, а также центральные части ильменей, образовавшихся на мощных песчаных отложениях ранее существовавших речных протоков.

Одновременно с этой закономерностью, отображающей влияние на засоленность почвенного покрова водно-термического режима отдельных элементов дельтового рельефа, засоленность дельтовых почв меняется в связи с общим ходом почвообразования и сменой во времени растительного покрова в дельте.

В молодой дельте на взморье слоистые почвы прирусловий, благодаря их низкому положению над меженным уровнем рукавов Волги и приносу солей морскими нагонными ветрами, довольно заметно осолонены. Однако интенсивного проявления процессы засоления здесь не получают, благодаря затеняющему действию пышно развитой лугово-болотной растительности.

Рост наносов и первая фаза перехода приморских плавневых почв в дерново-луговые приводят к смене растительного покрова, изреживанию и выпадению интенсивно транспирирующих и сильно затеняющих почву тростника и чакана с их спутниками. На их месте появляется трехгранка (*Scirpus maritimus*) и пятна низкорослого солончакового злака ажрека (*Aeluropus littoralis*). Этой смене растительности способствует выжигание старого тростника в весенний период, его выкашивание и, в особенности, выпас скота по несколько приподнятым гривам, сильно уплотняющий почву. Смена густого растительного покрова тростника и чаканных зарослей низкорослой, слабо транспирирующей и слабо затеняющей почву ажрековой группировкой (*Aeluropus littoralis*) ведет к интенсивному испарению влаги поверхностью почвы и концентрации солей в поверхностных горизонтах (разрез 808, табл. 7), а при нисходящих токах воды — к увеличению концентрации грунтовых вод.

Дальнейший рост аллювиальных отложений и повышение прирусловий над меженным уровнем речных протоков улучшает условия промывания почв паводком, ведет к уменьшению засоленности поверхностных горизонтов и к смене ажрековых и трехгранковых группировок на пырейные и пырейно-разнотравные луга. Густой покров из таких растений в свою очередь затрудняет капиллярное засоление поверхностных горизонтов почвы; в конечном результате почвы освобождаются от избытка солей и переходят из солончаковатых луговых почв в дерново-луговые слоистые (реже зернистые) незасоленные, или слабо засоленные почвы (разрез 762, табл. 7).

Значительно устойчивее удерживается в процессе роста аллювия и развития почвенного покрова высокое засоление на окраинах ильменей и невысоких гривах, где водно-солевой баланс поверхностных горизонтов почвы сводится со значительным плюсом в сторону преобладания восходящих солевых токов над промывным действием паводка и атмосферных осадков. В этих условиях затопление паводком держится более короткий срок, чем в центральной части ильменя: вода половодья первоначально поступает в наиболее пониженную — центральную часть ильменя, насыщает в ней почву до уровня грунтовой воды, стоящей наиболее глубоко в весенний период.

Затоплению окраинных частей ильменя предшествует подъем под ними

весеннего уровня грунтовой воды и значительное увлажнение почвы снизу поднимающимися грунтовыми водами. Этой причиной затрудняется промывное действие паводка. При спаде половодья эти места освобождаются от воды ранее центральной части, и здесь дольше, чем в центральных частях ильменей, проявляется засоляющее действие восходящих токов.

Разобранный процесс затопления паводком и его спада на названных элементах рельефа обеспечивает постоянное поддержание засоленности почв на высоком уровне, а местами и ее прогрессивное нарастание. В названных условиях после смены тростника и чакана (разрез 901, табл. 7) трехгранковой ассоциацией продолжает удерживаться высокое засоление (делянка 8 Красноярского оп. поля), которое трехгранковая группировка (*Scirpus maritimus*) выдерживает очень хорошо, благодаря постоянной высокой влажности почвы. На гривах в таких условиях долго удерживаются солончаковые злаки (*Aeluropus*, *Atropis*).

Смена растительного покрова и ослабление процессов засоления может возникнуть только при дальнейшем росте аллювия и поднятии поверхности почвы над уровнем грунтовой воды на высоту, достаточную для ослабления капиллярных токов (более 2—3 м). Однако в центральной части островов, как правило, аллювий нарастает очень медленно. Центральные части ильменей затопляются паводком раньше других элементов рельефа и позднее других частей острова освобождаются от паводковой воды. Для проявления восходящих токов здесь остается наименьший промежуток времени. Кроме того, длительное избыточное увлажнение создает хорошие условия для развития тростника и чакана, интенсивно транспирирующих и быстро расходующих запасы грунтовой воды.

Таким образом, центральные части ильменей дельтовых островов находятся в благоприятных условиях для освобождения от солей верхних горизонтов почвы разрез 7 Смолиной (табл. 8), разрез 849 (табл. 9) и др. Однако этот процесс промывания солей из верхних горизонтов почвы достаточно хорошо проявляется только в случаях близкого подстилания ильменей более или менее мощными отложениями песчаных наносов. При глинистых отложениях паводок не может промыть скопившиеся в почве соли, они остаются в пределах корнеобитаемого слоя и из года в год пополняются солями, принесенными с паводком. При обваловании таких ильменей и прекращении их затопления происходит быстрое изреживание и выпадение лугово-болотной растительности, ее смена на низкорослые солончаковые виды, слабо затеняющие почву, в результате чего развиваются интенсивные явления перераспределения солей и образования солончаков (Нариманов ский рисовый сортоучасток, Началово, Три Протока).

Процессы засоления аллювиально-делювиальных почв у подножья бэровских бугров вдоль границы затопления паводком проявляются особенно широко. Кроме процессов приноса солей капиллярными токами и слабого вымывания их при кратковременном затоплении паводком, засоление почвенного покрова в этих условиях усиливается тем, что меньшая влажность этой группы почв вместе с значительной их засоленностью обусловливают развитие на них полукустарниковой пустынной растительности (*Statice*, *Thamarix*, *Camphorosma*, *Obione* и др.) (фиг. 9).

Особенность этой группы растений, отмеченная акад. В. Р. Вильямсом (1926) и работами акад. Б. А. Келлера (1929), В. А. Францессона (1932), П. А. Куранова (1940), Т. А. Гевельсон (1934), М. Г. Чижевского (1939) и М. М. Шукевич (1939), заключается в их способности накоплять соли в своих наземных органах, а тем самым способствовать переносу солей натрия из глубоких в поверхностные горизонты почвы и создавать осолонение и осолонцовывание поверхностных горизонтов почвы, на которой они развиваются. Солонцеватость аллювиально-делювиальных почв бугровых подножий в дельте распространена очень широко, и ее наличие, в свою очередь,

усиливает процессы засоления, затрудняя вымывание солей из солонцеватых почв в кратковременные периоды увлажнения их паводком и атмосферными осадками.

Бурые почвы бугров пережили сложную смену процессов засоления и рассоления. Каждая из трех послехвалынских трансгрессий Каспия, в период которых сформировались цепи бугров, создавали последовательную смену процессов капиллярного засоления бугра в период поднятия уровня воды в межбугровых пространствах, путем медленного диффузного вымывания солей и отложения новых наносов в периоды затопления бугров мелководным морем и следующим за этим капиллярным засолением при отступании моря и последующим циклом выветривания и почвообразования. В современный период, после последней трансгрессии, процессы почвообразования наложили свой отпечаток на засоление бугровых почв.

Фиг. 9. Подножье северного склона бэровского бугра в районе с. Сергиевки.

На переднем плане скошенная луговая растительность, за ней полоса *Statice Gmelini* на солонцеватых почвах, по границе затопления паводком. На заднем плане — полынно-солянковая растительность бугра; без растительности пятна такыровидных солонцов.

Выйдя из сферы капиллярного увлажнения, почвы бугров развиваются в условиях пустынного климата, под влиянием интенсивной инсоляции и разреженного пустынно-степного растительного покрова.

Быстрая минерализация скудных остатков пустынной растительности не дает условий для формирования богатых гумусом горизонтов, и имеющиеся анализы показывают малую гумусность этих почв (около 1%).

Почвенные горизонты начинают обогащаться карбонатами кальция и магния. На водопроницаемых пылевато-песчанистых отложениях большинства бэровских бугров создаются условия достаточно хорошего впитывания атмосферных осадков и промывания верхней части профиля.

При достаточно глубоком уровне грунтовых вод (5—8 м и больше) не может проявиться капиллярное засоление поверхностных горизонтов

почвы за счет грунтовой воды. Соли, образующиеся в результате выветривания и при разложении остатков пустынной растительности, успевают вымываться из хорошо водопроницаемых бурых супесчаных почв, в результате чего такие почвы не засолены в пределах первого метра.

Иные условия миграции солей создаются в случае глинистых отложений или при развитии солонцеватости почв. В этих случаях условия вымывания солей значительно хуже, малое количество осадков, свойственное дельте Волги, не может осуществить глубокое вмывание солей, и они аккумулируются на небольших сравнительно глубинах. Процессы соленакопления в этих случаях усиливаются за счет смены белополынной группировки, свойственной бурым супесчаным почвам, группировками более солелюбивой растительности, как *Camphorosma monspeliacum*, *Atriplex canum* и другими, способной выносить из глубинных горизонтов почвы на поверхность зна-

Фиг. 10. Размыв верхней части бэровского бугра.

чительные количества солей. В том же направлении действуют сильно выраженные на глинистых буграх процессы смыва поверхностного горизонта почвы при выпадении ливней, частых в условиях дельты. Снос поверхностного слоя почвы приближает к дневной поверхности соленосные горизонты и, обнажая поверхность почвы от растительности, создает более благоприятные условия для испарения воды поверхностью почвы и концентрации в ней солевых растворов (фиг. 10, 11 и 12).

По своему химизму засоление грунтовых вод дельты и ее почвенного покрова относится к группе смешанного хлоридно-сульфатного засоления. Соотношение хлоридов и сульфатов в грунтовой воде чаще всего характеризуется преобладанием первых.

Нарастания хлоридности в грунтовых водах при движении от верхней, более старой части дельты к взморью не отмечается. Основная закономерность в изменении соотношения $Cl : SO_4$ связана с топографическими условиями, генезисом отложений и почвенно-растительного покрова. Как правило, более высокой минерализации грунтовой воды отвечает и более заметное преобладание хлоридов над сульфатами.

По условиям водно-термического режима засоленные аллювиальные почвы дельты относятся к группе почв с перемежающимися процессами

засоления и рассоления. В годовом цикле последовательная смена этих процессов протекает следующим образом: после спада паводковых вод (июль — август) возникают восходящие токи воды от близких грунтовых

Фиг. 11. Свежие отложения делювия у подножья того же бэровского бугра, что и на фиг. 10.

Фиг. 12. Плоскостной смыв на бэровском бугре по солонцеватым пятнам.

вод, вызывающие передвижение солей из глубоких горизонтов и грунтовой воды в поверхностные горизонты почвы. Этот процесс усиливается после сенокошения, но вскоре после этого, с наступлением низких температур

воздуха и осенних дождей (в ноябре), он приостанавливается и сменяется слабо выраженным процессом вмывания солей в глубинные горизонты.

Процесс промывания более интенсивно должен быть выражен ранней весной, в период снеготаяния. С наступлением теплой погоды (апрель) возобновляются восходящие токи и процессы вымывания сменяются процессами накопления солей в поверхностных горизонтах. Период весеннего засоления продолжается до наступления паводка (середина мая — вторая половина мая), в той или иной степени промывающего почву.

Соотношение длительности этих чередующихся процессов засоления-рассоления различно на разных элементах рельефа для разных растительных группировок, и конечный результат годового цикла различен для почв с разными физическими свойствами профиля, в первую очередь для разных групп по механическому составу и степени солонцеватости, что мы и разбирали на ранее приведенном фактическом материале.

Соотношение хлоридов и сульфатов в почвенном профиле зависит от соотношения процессов засоления и рассоления. Хлоридность почвенного засоления возрастает в тех случаях, когда начинают получать более интенсивное выражение восходящие токи воды и процессы засоления над обратным вмыванием солей нисходящими токами. Сульфатность водных вытяжек, наоборот, возрастает там, где восходящие токи ослаблены и начинает преобладать или усиливается промывающее действие нисходящих токов. В условиях господства последних состав водных вытяжек характеризуется преобладанием бикарбонатов, при малом участии или даже отсутствии хлоридов и сульфатов.

Имеющиеся материалы не подтверждают нарастания хлоридов в составе водных вытяжек из почв при переходе от верхней части дельты к взморью.

Эта ожидаемая закономерность перекрывается вышеотмеченными изменениями в химизме засоления в разных условиях водно-солевого баланса. Кроме того, реализации в широких масштабах этой закономерности в пределах собственно дельты, очевидно, мешает очень малая подвижность грунтовых вод (или даже полное отсутствие их потока от верховьев дельты к морю), отмеченная в исследованиях по Красноярскому опытному полю, Рассадхлопку, Н. Фунтову и участку Рисотреста в с. Раздоры.

В результате обменных реакций подымающихся в верхние горизонты растворов сернокислого натрия с обменным Ca поглощающего комплекса и последующих процессов промывания волжской водой, содержащей избыток Ca над Mg и Na, в верхних горизонтах дельтовых почв происходит накопление гипса, отмечаемое при морфологическом описании почв почти по всей дельте в виде характерных кристаллических прожилок. Наличие больших количеств гипса в луговых солончаковатых почвах дельты отмечается и данными водных вытяжек, которые зачастую извлекают из гипсовых горизонтов предельные количества Ca и SO_4 (по растворимости гипса с учетом отношения почвы к воде, равного 1 : 5).

Наши данные заставляют нас считать одним из серьезнейших (если не основным) источников засоления дельтовых почв воды р. Волги. Даже то небольшое количество солей, которое содержится в волжской воде, в условиях ежегодного выпаривания на дельтовых островах большого количества воды и отсутствия сточности грунтовых вод в процессе многовекового развития аллювия неизбежно должно приводить к постепенному накоплению солей в почвах дельты. Приморское засоление древнекаспийских отложений на наш взгляд играет подчиненную роль в общем балансе солей в почвах дельты. Взгляд И. И. Плюснина на органическое вещество дельтовых почв, как на источник их засоления за счет солей, освобождающихся при его минерализации, следует признать недоказанным.

Приведенные выше данные по водному режиму дельтовых почв показывают, что погребенные гумусовые горизонты полностью насыщены водой

бо́льшую часть теплого периода года и, следовательно, находятся в условиях анаэробиозиса, и содержащееся в них органическое вещество, согласно данным работ акад. В. Р. Вильямса, может сохраняться без разложения неопределенно долгое время. Кроме того, приведенные выше данные о растворимости гумуса этих горизонтов показывают, что органическое вещество погребенных горизонтов находится в устойчивых формах. Повышенное же содержание воднорастворимых солей в погребенных гумусовых горизонтах, отмечаемое и нашими и И. И. Плюснина данными, является следствием повышенной влагоемкости этих горизонтов.

Точно так же нельзя признать доказанным взгляд того же автора на почвы Волго-Ахтубинской долины, как на почвы, пережившие солончаковую стадию и в настоящее время находящиеся в стадии осолонцовывания. Водный режим пойменных почв долины и данные по их засоленности заставляют считать, что почвы долины все время находятся в условиях посезонной смены слабо выраженного накопления солей в теплую часть года и их промывания во влажные периоды года и под действием паводка. Следовательно, оба названных процесса в пойме идут одновременно, и нет оснований выделять во времени две стадии их развития — солончаковую и солонцовую. Степень выражения этих процессов и преобладание выноса солей или их накопления определяется развитием рельефа поймы, ходом почвообразования, эволюцией растительного покрова и хозяйственной деятельностью человека.

Выше мы уже отмечали своеобразную зональность в почвах долины: по направлению с севера к югу уменьшается содержание гумуса в дерновых (незаболоченных) почвах, меняется режим грунтовых вод и нарастают процессы солончаковатости.

Формируясь в условиях жаркого и сухого пустынно-степного климата, почвы Волго-Ахтубинской долины отражают в себе более широкую зональность. Так, в отличие от аллювиальных почв черноземной зоны содержание гумуса в почвах Волго-Ахтубинской долины сравнительно невысоко. На пространствах поймы начинает проявляться карбонатность почв и, наконец, сухой и жаркий климат обусловливает господство восходящих токов, приводящее к нарастанию процессов засоления почв.

Интенсивное увлажнение и высокая гумусность почв долины и дельты резко отличают их от зонального типа бурых почв окружающих пойму степей, с их характерным невысоким содержанием гумуса (0.3—2%) и широким развитием солонцового процесса. На небольших сохранившихся участках древней волжской террасы у Черного Яра, Сасыколей и др. можно видеть, что выход поймы из сферы ежегодного затопления паводком довольно быстро приводит к превращению дерновых почв поймы в зональные бурые почвы.

В период 1929—1935 гг. нами проведены исследования почв на сохранившемся отрезке древней надпойменной террасы между с. Старица и Златозубовка, в 13 км к СЗ от Черного Яра.

Терраса вытянута с СЗ на ЮВ полосой около 13 км в длину при 2—4 км в ширину. В преобладающей своей части она превышает уровень современной поемной террасы на 4 м. Промежуточная терраса отграничена от степной части местами обрывом высотой около 10—12 м, местами — несколько сглаженным террасовидным уступом.

Поверхность террасы сохранила следы поемного происхождения в виде вытянутых понижений — лиманов и падин, идущих большей частью параллельно долине Волги. На протяжении всей террасы в ее середине разбросаны мелкие песчаные всхолмления, покрытые супесчаными бурыми почвами. Эти всхолмления в плане часто имеют сглаженную подковообразную форму с пологими склонами в сторону поймы и крутыми, обращенными в сторону степи, внутренними склонами. Форма этих всхолмлений весьма

напоминает форму эоловых песчаных накоплений. В центральной части некоторых из них образованы настолько глубокие понижения, что в них образуются неглубокие озера с болотной растительностью, пересыхающие к осени и превращающиеся в солончаки. Одна из таких наиболее крупных древних дюн расположена в юго-восточном конце надпойменной террасы. В 1929 г. вся эта терраса и часть прилегающей степи была выбрана для организации на ней орошаемого плодо-овощного совхоза, в связи с чем под моим и В. В. Петровского руководством была проведена почвенная съемка всей террасы в масштабе 1 : 10 000.

Параллельно с почвенной и топографической вертикальной съемкой гидрогеологическая партия Саратовского Центрогидростроя провела бурение до глубины 10—25 м с целью выяснить гидрогеологические условия массива и обосновать мелиоративные мероприятия. Эти буровые материалы были дополнены несколькими скважинами глубиной около 20 м в 1931 г., главным образом в высокой степной части, и десятком скважин 5-метровой глубины, заложенных моим сотрудником почвоведом М. И. Блиновым. Для проверки достаточности намеченных в нашем мелиоративном заключении мероприятий по предупреждению вторичного засоления этого участка в 1930 и 1931 гг. сотрудник Института агропочвоведения Б. Д. Ермолаев провел наблюдения за динамикой засоленности почвы в разных частях орошаемого совхозом массива.

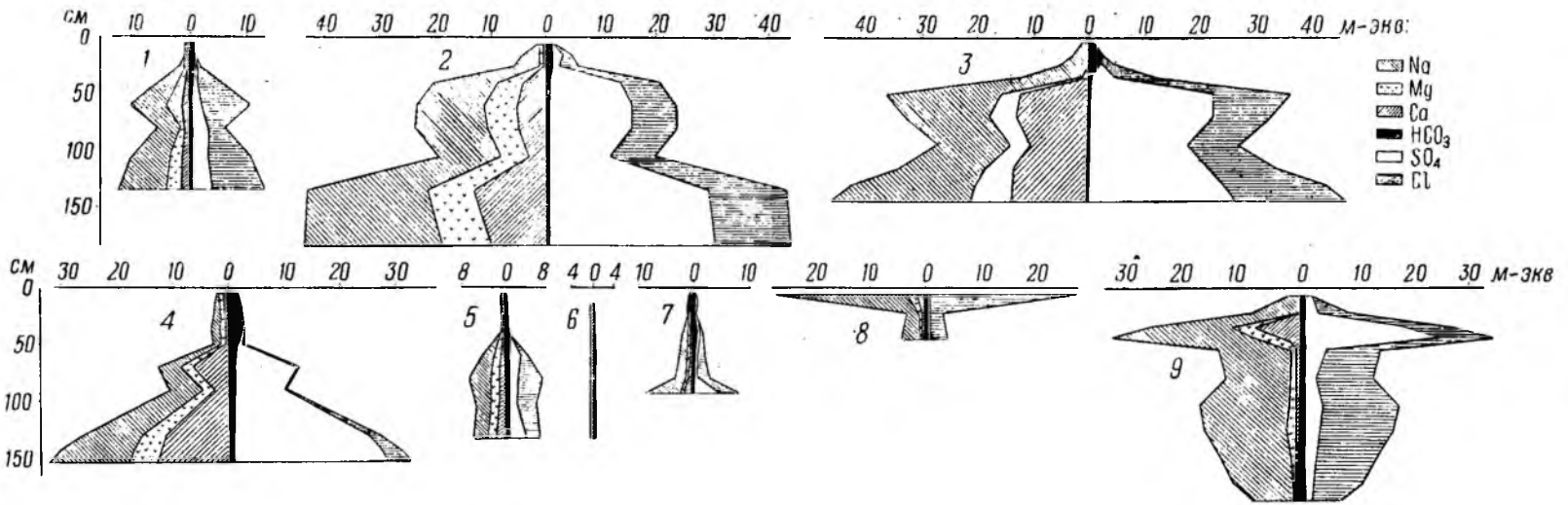
Исследования засоленности почв совхоза были повторены кабинетом орошаемого земледелия ВИУАА в 1935 г. (по тем же точкам, на которых проводились наблюдения в 1930 и 1931 гг.), и в том же году на солонцовом комплексе этого совхоза был заложен стационарный опытный участок по разработке мероприятий по улучшению солонцов. Эти опыты были начаты А. Г. Курганским и впоследствии продолжены С. В. Зонном. На основании вышеперечисленных материалов мною через террасу и прилегающую часть поймы составлен почвенно-гидрогеологический профиль.

Он показывает следующее строение наносов, слагающих надпойменную террасу: в основании террасы залегает мощная толща древнеаллювиальных русловых песков; в местах их выхода на дневную поверхность, видимо вдоль протекавшего по террасе протока, эти пески всхолмлены в заросшие белополынной растительностью древние дюны.

Древнеаллювиальные пески прикрыты плащом бурых и красно-бурых суглинков и супесей довольно пестрого механического состава. Таким образом, строение террас дает типичную картину древнеаллювиальных отложений. Грунтовые воды надпойменной террасы поздней осенью лежат выше уровня грунтовых вод поймы, следовательно, имеют сток в сторону поймы. Грунтовые воды каспийской террасы, судя по данным бурений и нивеллировки в современный период не имеют стока к надпойменной террасе, залегая в виде разорванных линз на несогласованных уровнях и по ряду скважин — ниже уровня грунтовой воды на надпойменной террасе.

Почвенный покров террасы представлен зональными бурыми почвами, с широким развитием солонцовых комплексов, солонцово-солончаковых почв, корковых солонцов и темноцветных почв западин. В табл. 11 приводится содержание гумуса, карбонатной CO_2 и состав водных вытяжек в почвах Златозубовской надпойменной террассы.

Содержание гумуса в почвах надпойменной террасы в преобладающем числе случаев ниже 1%; оно повышается до 1—2% только в темноцветных почвах западин и в лиманах. Почвы сильно карбонатны, CO_2 в небольших количествах содержится с поверхности и на глубине 20—30 см уже достигает 3—10%, с максимумом на разных глубинах от 20—30 см до 50—70 см. Таким образом, после выхода из сферы затопления древнеаллювиальные дерновые почвы утратили значительную часть своего гумуса и сильно обогатились карбонатами (почвы современной поймы, как мы видели выше,



Фиг. 13. Солевые профили почв надпойменной террасы р. Волги у с. Златозубовки:

1 — корковый солонец (дел. 1, уч. 16, 15/VIII—1930 г.); *2* — корковый солонец (дел. 1, уч. 16, 25/X— 1935 г.); *3* — карбонатный солонец (дел. 15, уч. 45, 18/X—1930 г.); *4* — карбонатный солонец (дел. 15, уч. 45, 17/VIII—1935 г.); *5* — бурая легкосуглинистая несолонцеватая почва (дел. 3, уч. 421, 27/III—1930 г.); *6* — бурая темноцветная почва (дел. 2, уч. 21, 29/VII- 1930 г.); *7* — бурая супесчаная почва (дел. 4, уч. 22, 4/IX—1930 г.); *8* — солончак (разрез 45); *9* — корковый солонец (дел. 7, уч. 58, 1935 г.).

бескарбонатны). Накопление последних, очевидно, является следствием интенсивно идущих в этих почвах биологических процессов, дающих CO_2, и процесса перехода бикарбонатов Ca и Mg в карбонаты в периоды летнего иссушения почвы. Источниками Ca и Mg является принос их с грунтовыми водами, имеющими интенсивное питание от Волги в период паводка, и в отдельные периоды, вероятно, получающими питание от грунтовых вод степной террасы; вторым источником Ca и Mg должен явиться процесс их освобождения из минералов материнских пород при их выветривании (фиг. 13).

Данные табл. 11 показывают значительную осолоненность почвенного покрова террасы. По понятным причинам наименее осолонены супесчаные бурые почвы древних дюн (дел. 4). Максимум засоления дают замкнутые впадины среди песчаных дюн, где обособляются чистые хлоридно-натриевые солончаки (разрез 46). На плаще суглинистых отложений развиты солонцовые комплексы. В их составе наименьшую засоленность дают бурые несолонцеватые почвы (дел. 8) и темноцветные почвы западин (дел. 2). Солонцы дают высокие степени засоления (дел. 1, 15, 7). При этом сравнение данных 1930 г. с данными 1935 г. показывает, что в плоских пространствах между песчаной дюной и степной террасой в результате орошения идет процесс поднятия грунтовых вод и обогащения солями. Наоборот, между песчаной дюной и поймой Волги отмечено уменьшение водорастворимых солей (дел. 15, уч. 45).

В химизме засоления обращает внимание значительное участие хлоридов и сульфатов натрия. Грунтовые воды террасы минерализованы до 14 г сухого остатка на литр. Отсутствие ясного подтока грунтовых вод со стороны каспийской террасы, показанное данными бурений и нивеллировок, заставляет нас считать, что одним из серьезных источников засоления надпойменной террасы являются волжские воды, пополняющие грунтовые воды террасы во время паводка и подвергающиеся интенсивному испарению в жаркие периоды лета, особенно в условиях изреженной полынной и полынно-солянковой растительности, которая приходит на смену густому растительному покрову волжских лугов после их выхода из сферы затопления. Увеличение роли хлоридов и сульфатов натрия в составе грунтовых вод и водных вытяжек из почв террасы по сравнению с волжской водой может быть объяснено выпадением из раствора $CaCO_3$, $MgCO_3$ и гипса при повышении концентрации грунтовых вод и почвенных растворов.

Весьма кратко изложенные данные о почвах надпойменной террасы Волги позволяют считать установленным переход дерново-луговых почв поймы в зональные бурые почвы по мере выхода отдельных территорий долины из сферы затопления паводком.

Весь материал, полученный при исследовании Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги, а также учет имеющихся в литературе указаний, позволяет наметить следующую схему развития почвообразовательных процессов в этом районе (табл. 12, стр. 477—478).

В заключение статьи считаю своим приятным долгом выразить искреннюю благодарность проф. В. П. Бушинскому за руководство моими работами в характеризуемом районе и за ценные советы и указания при оформлении настоящей статьи.

РЕЗЮМЕ

1. В статье излагаются главнейшие выводы из материалов Астраханской почвенной экспедиции Государственного института изучения природы и хозяйства засушливых областей и Московского почвенного института в части, касающейся развития почвенного покрова Волго-Ахтубинской долины и дельты Волги.

Таблица 11

Состав водных вытяжек из почв древней надпойменной террасы Волго-Ахтубинской долины (Черноярский район, Сталинградской области, Волго-Ахтубинский совхоз с. Златозубовка)

Почва, дата и место взятия образца	Глубина в см	Гигроскопическая вода в %	Сухой остаток в %	В м/экв. на 100 г почвы								Общий гумус по Кнопу	CO_2 в %
				HCO'_3	Cl'	SO''_4	$Ca^{\cdot\cdot}$	$Mg^{\cdot\cdot}$	$Na^{\cdot}+K^{\cdot}$ по разности	Сумма анионов	CO''_3		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Корковый солонец; уч. 16, дел. 1. 29/X—1935 г. (М. И. Блинов)	0—10	2.62	0.144	1.00	0.42	0.25	0.45	0.49	0.73	1.67	Нет	—	—
	10—20	3.45	0.308	1.26	1.65	1.62	0.40	0.66	3.47	4.53	»	—	—
	20—30	3.55	0.422	1.36	3.55	0.92	0.40	0.66	4.77	5.83	»	—	—
	30—50	2.92	1.483	0.70	7.22	12.62	4.29	4.52	11.73	20.54	»	—	—
	50—70	2.56	1.676	0.75	7.98	14.71	5.44	5.84	12.16	23.44	»	—	—
	70—90	2.62	1.668	0.64	8.32	14.67	5.10	5.59	12.94	23.63	»	—	—
	90—120	2.32	1.408	0.72	8.20	10.55	3.19	4.93	11.35	19.47	»	—	—
	120—150	4.06	2.986	0.61	14.12	28.57	12.12	9.46	21.72	43.30	»	—	—
	170—200	5.35	3.005	0.67	13.78	29.56	9.92	9.05	25.04	44.01	»	—	—
Грунтовая вода	—	—	14.090	5.60	167.30	28.90	22.70	33.60	145.50	201.80	—	—	—
Карбонатный солонец; уч. 45, дел. 15. 18/VIII—1930 г. (Б. Д. Ермолаев)	0—10	2.67	0.150	1.18	Следы	Следы	Следы	Следы	1.18	1.18	Следы	0.89	1.37
	10—20	2.40	0.280	2.49	»	»	»	»	2.65	2.65	0.16	0.57	2.35
	20—30	2.29	0.412	2.13	2.48	0.30	»	»	5.14	5.14	0.23	0.62	10.17
	30—40	2.44	0.844	0.66	7.38	4.10	»	1.09	11.05	12.14	Следы	0.38	5.78
	40—60	3.05	2.788	0.26	14.15	22.33	12.55	3.37	20.82	36.74	Нет	0.10	5.46
	60—80	2.80	2.556	0.26	10.43	22.53	13.33	4.66	15.23	33.22	»	0.07	1.98
	80—110	2.17	2.084	0.26	9.17	17.79	10.48	3.37	13.37	27.22	»	0.07	1.94
	110—120	2.68	2.352	0.23	12.08	21.53	13.55	4.86	15.43	33.84	»	0.05	2.59
	120—140	4.62	3.002	0.23	18.15	24.33	13.76	6.54	22.41	42.71	»	—	—
	140—150	5.06	3.348	0.23	19.85	26.78	13.98	7.24	25.64	46.86	»	—	—

Почва, дата и место взятия образца	Глубина в см	Гигроскопическая вода в %	Сухой остаток в %	В м/экв. на 100 г. почвы								Общий гумус по Кнопу	CO_2 в %
				HCO'_3	Cl'	SO''_4	Ca''	Mg''	$Na'+K'$ по разности	Сумма анионов	CO''_3		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Корковый солонец; уч. 58, дел. 7 (Курганский, 1935 г.)	0—15	—	0.265	0.61	0.42	1.14	0.20	0.33	1.64	2.17	—	—	0.19
	15—30	—	0.578	0.88	5.61	1.94	0.25	0.25	7.93	8.43	—	—	0.13
	30—40	—	1.812	0.80	8.88	17.79	8.43	3.62	15.42	27.47	—	—	3.42
	40—50	—	2.358	0.72	10.38	23.59	2.94	4.93	26.82	34.69	—	—	6.13
	50—60	—	0.910	1.03	9.53	3.72	0.40	1.23	12.65	14.28	—	—	4.91
	70—90	—	0.851	1.05	10.18	1.83	0.50	1.07	11.49	13.06	—	—	3.93
	100—110	—	1.138	1.16	13.90	3.06	0.45	1.15	16.52	18.12	—	—	4.77
	120—130	—	1.073	1.28	13.45	2.70	0.30	1.82	15.31	17.43	—	—	4.99
	140—160	—	0.869	1.15	11.19	2.00	0.40	0.82	13.12	14.34	—	—	3.26
	170—180	—	0.695	1.31	8.88	1.46	0.25	0.41	10.99	11.65	—	—	3.35
	180—200	—	0.474	1.56	5.32	1.04	0.25	0.25	7.42	7.92	—	—	3.63
Грунтовая вода	—	—	—	9.33	107.16	6.40	12.37	20.48	90.04	122.89	—	—	—
Бурая легкосуглинистая несолонцеватая почва; уч. 21, дел. 3. 29/VII—1930 г.)Б. Д. Ермолаев)	0—10	1.12	0.088	0.59	Нет	Следы	0.57	Следы	0.02	0.59	Нет	0.53	0.07
	10—20	2.67	0.404	0.69	»	»	0.53	»	0.16	0.69	»	1.84	0.12
	20—30	2.80	0.100	0.59	»	»	0.36	»	0.23	0.59	»	0.69	3.47
	30—50	2.60	0.108	0.72	»	»	0.32	»	0.40	0.72	»	0.49	2.99[1]
	50—70	2.16	0.360	0.66	1.18	2.30	0.93	1.09	2.12	4.14	»	0.32	5.33[2]
	70—90	1.02	0.468	0.59	4.52	1.65	1.21	1.39	4.16	6.76	»	—	2.62[3]
	90—120	1.02	0.392	0.52	3.57	1.35	1.29	1.39	2.76	5.44	»	—	—
	120—150	1.01	0.432	0.52	2.71	2.95	2.00	1.59	2.59	6.18	»	—	—

[1] Глубина 30—40 см.
[2] Глубина 40—50 см.
[3] Глубина 50—70 см.

Продолжение табл. 11

Почва, дата и место взятия образца	Глубина в см	Гигроскопическая вода в %	Сухой остаток в %	В м'экв. на 100 г почвы								Общий гумус по Кнопу	CO_2 в %
				HCO_3'	Cl'	SO_4''	$Ca^{\cdot\cdot}$	$Mg^{\cdot\cdot}$	$Na^{\cdot}+K^{\cdot}$ по разности	Сумма анионов	CO_3''		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Бурая темноцветная почва. Западина; уч. 21, дел. 2. 6/VII—1930 г.	10—20	2.16	0.078	0.33	0.08	Следы	0.25	Следы	0.16	0.41	Нет	0.51	0.17
	20—30	2.35	0.072	0.39	0.14	»	0.50	»	0.03	0.53	»	0.74	0.31
	30—50	2.48	0.078	0.31	0.08	»	0.35	»	0.04	0.39	»	0.79	2.37
	50—70	2.02	0.050	0.56	0.03	»	0.39	»	0.20	0.59	»	0.27	4.71
	70—90	2.19	0.064	0.48	0.03	»	0.35	»	0.16	0.51	»	0.41	3.20
	90—120	2.10	0.062	0.52	0.08	»	0.50	»	0.10	0.60	»	—	—
	120—150	2.12	0.066	0.52	0.06	»	0.46	»	0.12	0.58	»	—	—
Бурая супесчаная почва. Вершина песчаного бугра; уч. 22, дел. 4. 4/IX—1930 г.	0—10	0.55	0.064	0.52	0.12	Следы	0.46	Следы	0.18	0.64	Нет	0.96	0.11
	10—20	0.74	0.058	0.49	0.12	0.28	0.39	0.10	0.40	0.89	»	0.48	0.11
	20—30	0.96	0.060	0.46	0.06	0.25	0.43	0.25	0.09	0.77	»	0.33	0.13
	30—50	2.28	0.122	1.02	0.39	0.42	0.32	0.30	1.21	1.83	0.05	0.86	0.09
	50—70	2.02	1.184	0.57	1.44	0.35	0.43	0.25	1.68	2.36	0.05	0.26	0.32
	70—90	1.29	0.256	0.44	2.14	0.50	0.68	0.25	2.15	3.08	0.03	0.16	0.29
	90—100	1.87	0.713	0.43	4.01	4.61	1.61	0.60	6.84	9.05	Следы	—	—
Солончак в бессточной котловине внутри песчаной дюны. Разрез 46. 1929 г.	0—13	1.29	pH [8.10]	0.59	27.02	0.24	1.27	2.01	24.57	27.85	Нет	—	—
	13—33	0.65	[8.40]	0.56	2.56	0.16	0.43	0.48	2.37	3.28	»	—	—
	33—60	1.52	[8.40]	0.75	3.23	0.24	0.32	0.28	3.62	4.22	»	—	—

Таблица 12

Генетическая схема развития почв в дельте Волги и Волго-Ахтубинской пойме

Элементы поемного рельефа	Условия отступления моря и нарастания аллювиальных отложений дельты			
I. Дельта				
Условия прирусловой части	Песчаные косы взморья; начало формирования дерновых почв →	Дерново-луговые заболоченные слоистые почвы, слабо засоленные; тростники, рогозы со спутниками; засоление →	Дерново-луговые слоистые солончаковые почвы: *Agrostis alba*, солянки, *Aelu-ropus littoralis* →	Мощные дерново-луговые слоистые почвы старой дельты. Разнотравно-пырейные луга; опреснение
Центральные части островов	Приморские ильмени — «култуки»; накопление ила и органических остатков. → Рогозы, тростники и др. водная растительность	Лугово-болотные иловатые почвы; накопление солей; тростники, рогозы, трехгранка →	Лугово-болотные глинистые засоленные почвы; трехгранка (*Scirpus maritimus*) →	Дерново-луговые, заболоченные, засоленные и слабо засоленные почвы; трехгранка, пырей, разнотравье
Переходные части от грив к ильменям и ровные площади островов		Лугово-болотные слоистые засоленные почвы; тростники, рогозы и спутники →	Дерново-луговые слоистые солончаковые почвы: → *Scirpus maritimus Aelurop-us littoralis* и др.	Дерново-луговые, переходные к зернистым, солончаковатые почвы. Пырейно-разнотравные луга
Молодые части островов	Песчано-пылеватые отложения →	Дерново-луговые слоистые малогумусные почвы; → обычно незасоленные	Мощные дерново-луговые, слоистые, незасоленные →	Дерново-луговые почвы, переходные к зернистым

Продолжение табл. 12

Элементы пойменного рельефа	Условия отступления речных русел и нарастания аллювиальных отложений поймы				
II. Пойма					
Прирусловые части в условиях отступания русел	Песчаные наносы бичевников →	Слабо сформированные луговые слоистые почвы, песчано-пылеватые →	Дерново-луговые слоистые суглинистые почвы →	Дерново-луговые зернистые маломощные почвы ↑↓ ↓↑	Дерново-луговые зернистые мощные почвы ↑↓ ↓↑
То же при заселении лесной растительностью	То же →	Слабо сформированные дерново-лесные слоистые почвы под осокоревыми лесами →	→	Зернистые лесные почвы под дубовыми лесами на гривах, удаленных от русел: маломощные	мощные
То же в депрессиях рельефа	То же →	Заболоченные слоистые иловато-песчаные отложения ильменей и логов →	Лугово-болотные почвы →	Слоистые и зернистые дерново-луговые почвы	
Условия центральной поймы	Тонкие речные наносы и озерные илистые отложения →	Болотно-луговые почвы, преимущественно глинистые →	Заболоченные дерново-луговые зернистые почвы →	Дерново-луговые зернистые почвы и дерново-луговые зернистые солонцевато-солончаковатые почвы	
Центральная пойма и «зрелая» прирусловая в условиях наступания русел	→ Слоистые дерновые и дерново-аллювиальные почвы разных стадий развития на погребенных дерново-луговых зернистых и слоистых почвах.				

III. При выходе отдельных территорий поймы из сферы затопления

Слоистые песчано-пылеватые почвы прирусловий →	Зональные бурые и светлокаштановые почвы легкого механического состава
Дерново-луговые слоистые и зернистые суглинистые и глинистые почвы →	Комплексы солонцов, солончаковатых солонцов, бурых почв и темноцветных почв понижений
Лугово-болотные почвы ильменей →	Почвы степных лиманов; в глубоких понижениях солончаки

2. Материалами экспедиции показано, что строение Волго-Ахтубинской поймы и характер слагающего ее аллювия подтверждают данную акад. В. Р. Вильямсом схему строения слоистых пойм.

Дано дальнейшее развитие взглядов акад. В. Р. Вильямса на строение пойменных образований применительно к широким долинам рек, протекающим по безводным пустынно-степным пространствам и, в период мощного и длительного паводка, транспортирующим большие количества воды с водосборных бассейнов, лежащих в более влажных областях. В этом случае, в связи с отсутствием на бо́льшей части долины стока в нее грунтовых вод из прилегающих степей, почти нацело выпадает область притеррасной поймы; по поперечнику долины несколько раз чередуются участки слоистой и зернистой (центральной) поймы, в зависимости от расположения основных русел долины и обособления областей тихого течения паводка или даже застойной воды. В последних случаях формируются отложения зернистой поймы.

3. Дана схема генетической связи главнейших почв поймы и дельты в зависимости от развития аллювия и смены растительных группировок. На современном этапе развития почв поймы наиболее сформированными почвами автор считает мощные зернистые почвы под дубовыми лесами северной части поймы, зернистые дерново-луговые и зернистые солонцевато-солончаковатые почвы с характерным бугристым микрорельефом и своеобразным магнезиальным засолением.

4. Исследования почв надпойменных террас позволили установить генетическую связь зональных бурых и светлокаштановых почв каспийской низменности с аллювиальными почвами поймы. Слоистые почвы прируслий при выходе из сферы затопления паводком развиваются в бурые почвы легкого механического состава; дерново-луговые слоистые и зернистые почвы дают начало развитию солонцовых комплексов и лугово-болотные почвы депрессий поймы — развитию комплекса лиманных почв. Сходство комплекса почв надпойменной террасы и почв каспийской террасы позволяет считать аллювиальные почвы за исходную фазу в развитии почв ряда территорий Каспийской низменности. Этим подтверждаются взгляды проф. В. П. Бушинского на Каспийскую низменность, как на «поемную степь» и дается подтверждение указаниям акад. В. Р. Вильямса о необходимости изучения пойменных почв, как относительно более молодых, постоянно формирующихся почвенных образований страны, предпосылая их изучение исследованию почв на остальных элементах рельефа, имеющих больший относительный и абсолютный возраст.

5. Показана связь процессов засоления почв дельты и поймы с ее современным гидрологическим режимом, процессами роста аллювия, сменой растительности и развитием почвенного покрова. Дано подтверждение общей географической закономерности о нарастании хлоридности в засолении почв и грунтовой воды в низовых частях речных бассейнов и вместе с тем показано, что в пределах довольно крупных отрезков речной системы (верховья дельты и взморье) эта закономерность перекрывается влиянием местных факторов почвообразования — различным водно-термическим режимом и различной растительностью разных элементов пойменного рельефа. Хлоридность возрастает в тех условиях рельефа, где создаются наиболее благоприятные условия для накопления солей. Особенности в химизме засоления дельтовых и пойменных почв объясняются перемежаемостью сезонных процессов засоления и рассоления. Этот материал является иллюстрацией к положению акад. В. Р. Вильямса о крупной роли местных факторов почвообразования в развитии почв, часто перекрывающих влияние зональных факторов и делающих в значительной степени условным понятие о почвенных зонах.

6. Основным источником засоления почв и поймы дельты автор считает

аккумуляцию солей волжской воды при интенсивном ежегодном ее выпаривании в бессточных и слабосточных участках поймы и дельты.

Материалы экспедиции показывают недоказанность мнения ряда исследователей (Плюснин И. И. и др.) о существовавшей ранее солончаковой стадии в развитии почв Волго-Ахтубинской поймы и заставляют считать результатом современного почвенно-гидрологического режима поймы отдельные случаи засоления почв долины. Так же несостоятелен и другой взгляд, считающий органическое вещество погребенных почвенных горизонтов источником засоления аллювиальных почв.

7. Все материалы экспедиции заставляют считать Волго-Ахтубинскую пойму и дельту Волги ценнейшим в сельскохозяйственном отношении районом. Сложное природное образование, каким является почвенный покров поймы и дельты, аккумулирует в себе большие потенциальные запасы элементов пищи растений, собранные со всего огромного волжского бассейна. Правильное вскрытие генезиса этих образований, при обилии в этом районе пресной проточной воды, тепла и света, позволяет значительно полнее и шире использовать природные ресурсы этого района. В процессе своих работ экспедиция подчеркивала возможность развития в этом районе ряда ценных сельскохозяйственных культур (хлопчатника, риса, кенафа и др. технических, масличных и плодово-овощных культур) и более интенсивного использования природных кормовых площадей поймы в сочетании со степными пастбищными угодьями для развития товарного животноводства. (В. П. Бушинский, П. А. Летунов, 1929). Дальнейшее изучение особенностей местных почв в совместной работе с передовиками социалистического земледелия позволит еще выше поднять удельный вес Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги в народном хозяйстве нашего Союза.

ЛИТЕРАТУРА

Балталон Ю. Ц. Очерк речного режима и гидрологические наблюдения в устьях р. Волги. Тр. Ихтиологич. лабор., т. II, вып. 2, Астрахань, 1913.

Бушинский В. П. Почвы Сталинградской губернии. М., 1929.

— и Летунов П. А. К вопросу об использовании Волго-Ахтубинской долины и дельты реки Волги для организации овощных, молочных и мясных совхозов и в окружающих степных пространствах овощеводческо-животноводческих совхозов. Докл. зам. наркому внешн. и внутр. торг. тов. Микояну. 1929 (рукопись хран. в ВИУАА).

Вильямс В. Р. Почвоведение, ч. I и II. М., 1926.

— Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения. М., Сельхозгиз, 1939.

— Естественно-научные основы луговодства или луговедение. (Приложение основ почвоведения к культуре многолетних травянистых растений и естественной кормовой площади). М., 1922.

Валединский и Аполлов Б. Дельта реки Волги. Т. I. Естественные условия. Тр. отдела портов и управл. внутр. водных путей, вып. V. Тифлис, 1930.

Габерман В. А. Материалы предварительного обследования пойменного района Волго-Ахтубинской долины. «Нижнее Поволжье», № 4—5, 1926.

Гевельсон Т. А. Материалы к выяснению участия растительности в процессе континентального соленакопления. Сб., посв. памяти акад. К. К. Гедройца. Тр. Почв. инст. им. В. В. Докучаева, т. IX, 1934.

Ермолаев Б. Д. Отчет об изучении солевого режима лугов Волжской дельты на Красноярском опытном поле. 1930 (рукопись хран. в ВИУАА).

— Отчет о стационарных исследованиях в Волго-Ахтубинском совхозе. 1932 (рукопись хран. в ВИУАА).

Зонн С. В. и др. Солонцы прикаспийской низменности и их улучшение. Тр. ЛОВИУАА, вып. 48, 1937.

Келлер Б. А. Накопление солей внутри растения и засоление почвы. Тр. ботан. опытн. ст. Воронежского с.-х. инст. Воронеж, 1929.

Курапов П. Л. О генезисе почв зоны сухих и пустынных степей Калмыцкой АССР. Почвоведение, № 11, 1940.

Курганский А. Г. Постановка опытов по мелиорации солонцов в Волго-Ахтубинском совхозе им тов. Микояна. Тр. 1-й конфер. по почвовед. и физиол. культ. раст., т. II. Саратов, 1938.

Курганский А. Г. Почвы Волго-Ахтубинской поймы в пределах Черноярского района. 1930 (рукопись, ВИУАА).
Плюснин И. И. Волго-Ахтубинская пойма. Сталинград, 1938.
Православлев П. Каспийские осадки в низовьях Волги. Тр. Центр. гидрометеоролог. бюро, вып. VI, 1926.
Прасолов Л. И. Астраханский край. Почвы, «Россия», т. XII, гл. 5, 1921.
Рыженкова М. Г. К вопросу о рассоляющем действии «водяного» пара. 1931 (рукопись, ВИУАА).
— Влияние орошения на солевой режим бэровских бугров. 1931 (рукопись, ВИУАА).
Смолина Т. А. Материалы по исследованию дельты Волги. 1925 (рукопись, ВИУАА).
Францессон В. А. Новые данные о солонцовом процессе. Химизация соц. земледелия, № 5, 1932.
Чижевский М. Г. и Макаров Н. А. К вопросу о биологической мелиорации засоленных почв. Почвоведение, № 3, 1939.
Шукевич М. М. Миграция солей в почвах и растениях пустыни. Тр. Почв. инст. им. В. В. Докучаева, т. XIX, вып. 2. М.—Л., 1939.

Д-р с.-х. наук проф.
Б. П. СЕРЕБРЯКОВ

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ УЧЕНИЯ О ПОЧВЕ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

Почвоведение возникло в Западной Европе, но здесь эта наука не получила глубокого и всестороннего развития. Все попытки иностранных ученых (Кнопна, Фаллу, Лоренца, Майэра, Беннигсена-Фердера и др.) дать научное понятие о почве, разработать научную классификацию почв, приемлемую для разрешения практических задач в сельскохозяйственном производстве, не увенчались успехом и потерпели крушение. В настоящее время работы этих ученых имеют только историческое значение.

Основателем научного почвоведения, по справедливости, считается русский ученый — проф. В. В. Докучаев. Этим ученым, действительно, совершена очень большая работа для развития почвоведения в самостоятельную научную дисциплину, подведены итоги состояния почвоведения в Западной Европе, дана критика существовавших в то время на Западе классификаций почв, впервые дано научное понятие о почве, разработана своя естественноисторическая классификация почв. Им исследован русский чернозем, почвы б. Нижегородской губ. и сделано много других работ для развития почвоведения.

Проф. В. В. Докучаев обогатил почвоведение многими выдающимися достижениями и обобщениями. В его работах впервые высказана мысль, что почва есть функция от следующих почвообразователей:

1) характера материнской породы,
2) климата данной местности,
3) массы и характера растительности,
4) возраста страны и
5) рельефа местности.

Акад. В. Р. Вильямс внес много новых теоретических положений в учение о почве проф. В. В. Докучаева.

В. Р. Вильямс строго отличал два момента в общем акте генезиса почвы: 1) образование материнской породы, 2) образование почвы.

По учению В. Р. Вильямса, в образовании материнской породы принимают участие только минеральные (физикохимические) факторы природы — теплота солнца, гидросфера, атмосфера и др., в образовании почвы — биологические факторы природы в их соотношении с минеральными процессами земной поверхности (преимущественно растительность и микроорганизмы, пока совершается процесс образования почвы как природного тела, и человек, когда почва становится средством производства и предметом его труда). Свои взгляды на этот вопрос почвоведения акад. В. Р. Вильямс (1914) выразил следующими положениями:

«Несмотря, однако, на эту трудность,[1] мы в дальнейшем будем называть продукты воздействия на горные породы элементов атмосферы и гидросферы — материнскими породами, и под почвенными образованиями будем разуметь продукты воздействия элементов биосферы на материнские породы, различая, таким образом, биологические — почвообразовательные процессы от минеральных процессов выветривания и механических процессов переноса продуктов выветривания». (Разрядка В. Р. Вильямса).

В своей работе «Значение органических веществ почвы» В. Р. Вильямс говорил по этому вопросу следующее:

«Первый из этих элементов — материнская порода, при всей многообразности своих проявлений, уже изучен в значительной степени.

Если природа и бесконечна в своем разнообразии, то уже в этой области разнообразие ее укладывается в известные границы, подчиняется уже группировке — классификации, правда, может быть, еще несовершенной, имеющей еще пробелы, но все-таки представляющей уже стройное научное целое. Не то — другой элемент, охватывающий собой второй акт генезиса почвы — биологические процессы, под влиянием которых материнская порода стала почвой — той почвой, которая вскормила и вырастила все человечество со всею его современною культурою.

Здесь перед глазами исследователя нет еще ясной, строгой, разработанной до мелочей картины, здесь скорее развертывается набросанный лишь в общих главных контурах абрис будущей картины — эскиз туманный, но проникнутый захватывающим обаянием могучего дарования ее творцов — проф. Докучаева и, увы, покойного уже проф. Сибирцева».

Из приведенных мыслей В. Р. Вильямса становится понятным, что под материнской породой он понимал такую породу, на которой может возникнуть и получить дальнейшее прогрессивное развитие органическая жизнь. Почвообразовательный процесс, в представлении В. Р. Вильямса, — есть выражение беспрерывного процесса эволюции жизни на земной поверхности.

Деления почвообразовательного процесса на два вышеизложенных момента с присущими каждому из них особенностями нет в учении о почве В. В. Докучаева. Это понятие введено в науку В. Р. Вильямсом. Оно обогатило почвоведение крупными принципиальными теоретическими достижениями и позволило этой науке понять «в общих главных контурах абрис будущей картины» развития почвоведения в смысле познания тех противоположных факторов, взаимодействиями которых в определенных условиях развития противоречий в природе обусловливается процесс почвообразования.

Отличительная особенность учения о почвообразовательном процессе В. Р. Вильямса состоит в том, что в этом учении проводится та идея, что ведущая роль в процессе почвообразования принадлежит биологическим факторам природы, а не минеральным (физикохимическим), т. е. не климату, а элементам биосферы, преимущественно растительности и микроорганизмам.

Так, например, в курсе почвоведения (1926) акад. В. Р. Вильямсом высказана следующая мысль: «Все эти качественные отличия почвы от материнской породы происходят под влиянием воздействия на породу процессов биологических».

Эта идея красной нитью проходит через все учение о почве акад. В. Р. Вильямса и впервые высказана только им. В теории почвообразовательного процесса проф. В. В. Докучаева этого положения нет.

[1] Трудность разграничения почвы от материнской породы.

В учении о почве В. В. Докучаева развивается противоположная точка зрения, что решающее значение в почвообразовательном процессе принадлежит климату, а не биологическим факторам природы. Этого ошибочного мнения придерживаются и до настоящего времени многие почвоведы.

Так, например, проф. С. И. Кравков (1930) в своем курсе почвоведения высказал такую точку зрения: «Наибольшая заслуга В. Докучаева и заключается в том, что им впервые (еще в 1879 г.) была выдвинута мысль о решающей роли в процессах почвообразования к л и м а т а, чем была установлена, таким образом, новая точка зрения на почву, каковую (точку зрения) можно было бы назвать, в отличие от всех предыдущих, г е о г р а ф и ч е с к о й». С. А. Захаров разделяет также ту точку зрения, что климату принадлежит решающая роль в процессе почвообразования. В своем курсе почвоведения (1927) этот ученый говорит: «Климат относится к активным почвообразователям и почвы являются как бы зеркалом климата».

Этой точки зрения придерживался и проф. П. С. Коссович, по мнению которого «климат является наиболее могучим фактором почвообразования».

Можно привести много фактов, опровергающих эту точку зрения. Так, например, в лесолуговой зоне на небольшой территории, где климат совершенно одинаков, можно найти различные почвы: и подзолистые и дерновые. Это объясняется тем, что здесь произрастает и лесная растительность и луговая травянистая. В результате развития взаимодействий между материнской породой и лесом получатся почвы подзолистые. В результате развития взаимодействий между материнской породой и травянистой растительностью получатся почвы дерновые. Отсюда понятно, что климат не может иметь ведущего значения в образовании типов почв.

Следующей особенностью учения о почве акад. В. Р. Вильямса является идея, что почвообразовательный процесс на всем земном шаре е д и н ы й и представляет воздействие элементов биосферы на поверхностные горизонты земной суши — материнскую породу.

Касаясь этого вопроса почвоведения, акад. В. Р. Вильямс (1926) говорил следующее: «И все наблюдаемые нами разнообразные проявления пестрого почвенного покрова земного шара суть только отдельные, генетически между собою связанные, стадии одной общей, грандиозной по своей протяженности во времени и пространстве истории воздействия биологических элементов природы на поверхностные горизонты земной суши».

В своем «Почвоведении» издания 1938—1939 гг. акад. В. Р. Вильямс распространяет единство почвообразовательного процесса и на гидросферу. По этому вопросу им высказаны следующие мысли: «Наступила современная эпоха единого почвообразовательного процесса. Е д и н о г о, о х в а т ы в а ю щ е г о и С у ш у и О к е а н». Для учения о почве акад. В. Р. Вильямса характерны также следующие моменты. В этом учении под явлением, присущим исключительно только почвообразовательному процессу и почве как природному телу, понимается переход на почвенных образованиях одной формы материи в другую — «минеральной в организованную, организованной в органическую, органической вновь в организованную с тем, чтобы возвратиться к первоначальной форме минерального вещества и вновь начать тот же цикл превращения форм материи».

Придавая этому явлению вышеупомянутое значение, В. Р. Вильямс (1926) следующим образом определял и понятие о почве: «Всю толщу поверхностных горизонтов материнских пород, в которой происходит под влиянием двух основных порядков биологических явлений двусторонний процесс перехода одной формы материи в другую, мы и называем почвою».

Этими положениями В. Р. Вильямса почвоведение было поставлено на биологические основы его изучения, что дало науке о почве возможность дальнейшего прогрессивного развития, правильного понимания почвообразовательного процесса с точки зрения основных идей марксистского диалектического метода познания природы.

Ф. Энгельс в «Диалектике природы» говорит: «Так называемая объективная диалектика царит во всей природе, а так называемая субъективная диалектика, диалектическое мышление, есть только отражение господствующего во всей природе движения путем противоположностей, которые и обусловливают жизнь природы своими постоянными противоречиями и своим конечным переходом друг в друга, либо в высшие формы».[1]

Товарищ Сталин в своем новейшем философском труде «О диалектическом и историческом материализме» определяет развитие природы «как результат развития противоречий в природе, как результат взаимодействия противоположных сил в природе».[2]

Почвообразовательный процесс — есть часть жизни природы, есть единый процесс. Акад. В. Р. Вильямс (1939) определяет его как выражение «беспрерывного процесса эволюции жизни на земной поверхности».

По акад. В. Р. Вильямсу, единый процесс почвообразования имеет четыре периода (типа) своего выражения на земной поверхности: 1. Подзолистый период (тип) почвообразования. 2. Дерновый период и его стадии: а) луговая и б) болотная. 3. Степной период и переходная стадия к этому периоду. 4. Первичный период (тип) единого почвообразовательного процесса.

Типы почв, по Вильямсу, построены по руководящему для почвоведения основному принципу. Так, например, подзолистый тип почвы есть результат развития взаимодействий между лесом и физикохимическими факторами его жизни — светом, теплом, водой и минеральной пищей растения и др. Дерновый тип почвы есть результат развития взаимодействий между луговой травянистой растительностью дерновой формации и теми же факторами ее жизни. Представление о почвообразовательном процессе и типах почв у В. Р. Вильямса глубоко связано и всецело вытекает из познания проявления в природе основных диалектических законов ее развития.

И на самом деле, если противоречия в природе выражены так, что лесной деревянистой растительности не приходится вести тяжелой борьбы за свое существование (лесолуговая, лесостепная зоны), то между лесом и факторами его жизни — светом, теплом, водой, минеральной пищей растения — могут развиваться взаимодействия и совершаться переход биологически важных катионов и анионов почвы и материнской породы в сложные органические соединения лесной растительности.

При отмирании леса будет совершаться обратный процесс перехода его органического вещества снова в минеральные соединения — в биологически важные катионы и анионы почвы.

В результате такого развития противоречий в природе и взаимодействий между биологическими и физикохимическими факторами почвообразовательного процесса получится лесной подзолистый тип почвы.

Если противоречия в природе выражены так, что в ней не может жить и развиваться лесная растительность, не может жить и развиваться травянистая растительность, а находят необходимые условия для жизни только примитивные формы живой природы (микроорганизмы и др.), то в результате таких противоречий в природе и взаимодействий между физикохимическими и биологическими факторами почвообразовательного процесса обособится примитивный (первичный) тип почвообразования.

---

[1] Ф. Энгельс. Диалектика природы. Партиздат, 1936, стр. 35.
[2] История ВКП(б). Краткий курс. 1938, стр. 101.

Учение акад. В. Р. Вильямса позволяет подойти с этой точки зрения к правильному разрешению и многих других теоретических вопросов почвоведения, к вопросу об основной причине почвообразовательного процесса, в которой заключается вся суть, все содержание этого процесса,— научной классификации почв, плодородию почвы и другим, но размеры настоящей статьи не позволяют затронуть эти вопросы.

ЛИТЕРАТУРА

Вильямс В. Р. Почвоведение. Вып. 1, 1914, стр. 12.
— Почвоведение. Ч. 1, 1926, стр. 85.
— Почвоведение. 1939, стр. 57.
— Значение органических веществ почвы.
Докучаев В. В. Материалы по оценке земель Нижегородской губ. Вып. 1.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

СБОРНИК ПАМЯТИ АКАД. В. Р. ВИЛЬЯМСА

С. И. БОРЕНШТЕЙН

КАФЕДРА ПОЧВОВЕДЕНИЯ ТСХА

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОМЕННЫХ ШЛАКОВ В ЦЕЛЯХ МЕЛИОРАЦИИ ПОЧВ

(Предварительное сообщение)

В программе 3-й пятилетки производство чугуна увеличивается до 22 млн. т ежегодно, что составляет 152% по отношению к 1937 г. Если считать, что выход доменного шлака приблизительно равен в среднем 0.8 т на 1 т чугуна, то получается цифра, превышающая 17 млн. т шлака ежегодно.

Огромные количества этих отходов промышленности до сих пор используются в незначительных количествах в дорожном строительстве и в производстве цемента. Основные же массы шлака остаются неиспользованными и, накопляясь, загромождают территорию заводов, требуя затраты средств на их удаление.

Разумеется, вопрос о возможности использования этого материала в целях мелиорации почв в сельском хозяйстве представляет огромный практический интерес. Первое указание на применение доменных шлаков в сельском хозяйстве было сделано в 1881 г. авторами патента в США Joseph и John Lippincott. Следующие работы относятся к 1916 г. (I. W. Ames), 1917 г. (A. H. Cowles и A. A. Scheidt), 1921 г. (C. J. Schollenberger и ряд других авторов).

В течение более полувека этот вопрос привлекал внимание и продолжает интересовать все новых и новых исследователей.

Как иностранные исследователи (Каппен, 1936), так и исследователи, занимавшиеся этим вопросом у нас в Союзе (Клечковский и Владимиров, 1934; Тарановская, 1939; Павловский, 1938; Певзнер, 1939; Гусев, 1939; и др.), неоднократно наблюдали случаи, когда действие доменного шлака было более эффективно, чем действие извести.

В. Г. Тарановская (1939), занимающаяся продолжительное время вопросом силикатирования почв субтропиков, рассматривает доменный шлак, главным образом, как силикатное мелиоративное средство, улучшающее использование растениями фосфорных удобрений на почвах с резким проявлением базоидных свойств.

Другие авторы рассматривают доменный шлак, как средство, пригодное для известкования кислых почв (Гусев, 1939; Певзнер, 1939).

Таким образом, разные исследователи положительное действие доменного шлака относят за счет разных компонентов, содержащихся в нем (либо за счет кальция шлака, либо за счет кремневой кислоты шлака), но большинство исследователей, занимающихся вопросом шлакирования, отмечает положительное влияние доменного шлака на развитие сельскохозяйственных растений. Было также отмечено, что последействие шлака проявляется сильнее, чем действие его на первую культуру (Павловский, 1938).

Все исследования до настоящего времени посвящены, главным образом, вопросу действия доменного шлака непосредственно на величину урожая сельскохозяйственных растений. Почти совершенно нет исследований, освещающих действие этого материала на почву, а именно: какие изменения вызываются взаимодействием доменного шлака с почвенно-поглощающим комплексом.

Известно, что для своего развития растения нуждаются, помимо света и тепла, еще в воде и минеральной пище. Вода и большинство элементов минеральной пищи попадают в корни растений только через почву.

Акад. В. Р. Вильямс (1939) писал: «Ни одна капля воды не может проникнуть в организм растения иначе, как через его корневую систему из почвы. Только тем же путем может осуществиться питание культурных растений их зольной пищей и большинства их и азотом».

Из этого положения совершенно ясно вытекает, какую огромную роль в жизни растений играет почва. Далее В. Р. Вильямс писал: «Способность почвы в той или иной степени удовлетворять растения в этой потребности их в земных факторах жизни носит название плодородия почвы и представляет ее качественное различие, как природного тела, от бесплодного камня и других природных тел, не способных обеспечить жизненную потребность растений в одновременном и совместном наличии двух факторов их существования — воды и пищи».

Акад. В. Р. Вильямс рассматривает почву, как живое тело, постоянно меняющееся под влиянием среды, тело, способное, в свою очередь, оказать влияние на развитие растительных организмов.

Учение В. Р. Вильямса о почве и имеющиеся в литературе данные о положительном действии доменного шлака побудили нас попытаться выяснить, как проявится действие доменного шлака на среду, в которой развивается растение, т. е. возможно ли при помощи доменного шлака повысить плодородие почвы.

В настоящей работе, которая входит разделом в основную тематику исследований кафедры почвоведения ТСХА по вопросу коренной переделки почв, проводимых под руководством проф. В. П. Бушинского (1939, 1940), мы ставили перед собой задачу выяснить возможность создания плодородия в практически бесплодном горизонте подзола при помощи одновременного воздействия доменного шлака и многолетних трав. Для этой цели выбрали участок на лесной опытной даче ТСХА. На этом участке удалили дерновый горизонт. Обнаженный подзолистый горизонт перелопатили на глубину 30 см. Известь и доменный шлак вносили по количеству содержащейся в них CaO из расчета нейтрализации всей гидролитической кислотности почвы.

Полученные нами урожайные и аналитические данные дают полное основание утверждать, что доменный шлак в сочетании с посевом многолетних трав, стимулируя развитие последних, способен оказать положительное воздействие на создание плодородия бесплодных (в нашем опыте подзолистый горизонт) или мало плодородных почв и получения на них высоких и устойчивых урожаев.[1]

В табл. 1 приводим урожайные данные на подзолистом горизонте за 1938 и 1939 гг.

Следует отметить, что эти данные, оставаясь в абсолютном выражении низкими, могут служить лишь показателями направленности процесса.

[1] В настоящем предварительном сообщении мы не приводим аналитических материалов; все необходимые сведения имеются в нашей сводной работе и будут в дальнейшем сообщены. Наши выводы даются из анализа всего полученного материала исследований.

Таблица 1

Урожай овса и озимой пшеницы в цга на подзолистом горизонте дерново-подзолистой почвы лесной дачи ТСХА по различным удобренным фонам

Годы	Культура	Фон			
		Контроль	Трава + + NPK + + шлак	Трава + навоз + NPK + + $CaCO_3$	Трава + навоз + шлак
1938	Овес	1.80	4.4	7.5	7.9
1939	Озимая пшеница	1.9	6.7	7.9	8.2

В табл. 1 достаточно наглядно показано, что шлак не уступает извести по своему воздействию на урожай. Эти данные приводятся нами лишь попутно, как реактив на изменение плодородия почвы. Основной упор в данной работе был сделан на учет изменений главнейших физикохимических и биохимических показателей, вызванных определенным мелиоративным приемом. Эти изменения иллюстрирует табл. 2.

Таблица 2

Изменения главнейших физикохимических и биохимических показателей, вызванные разными мелиоративными приемами

Фон	Агрегатов > 3 мм	Сумма поглощенных оснований	Насыщенность основаниями	Гумус общий	Относ. водорастворимого гумуса к общему	Общий	pH KCl-вытяжки	Гидролитич. кислотность	Количество бактерий в 1 г почвы в млн.
Контроль (трава подсеяна в 1939 г.) . . .	3.20	2.20	29.50	0.58	0.027	0.038	3.69	5.25	0.12
Трава + NPK + шлак (трава подсеяна в 1938 г.)	12.31	7.00	68.08	0.81	0.021	0.067	5.62	2.77	2.75
Трава + навоз + NPK + + $CaCO_3$ (трава подсеяна в 1938 г.) . . .	12.20	5.92	68.04	0.90	0.022	0.069	5.65	2.68	3.10
Трава + навоз + NPK + шлак (трава подсеяна в 1938 г.)	16.84	8.93	73.98	0.95	0.021	0.072	5.47	3.01	3.73

Из данных табл. 2 видно определенное преимущество шлака перед известью. Процентное содержание структурных отдельностей (крупнее 3 мм), сумма поглощенных оснований, насыщенность основаниями, содержание гумуса и азота, а также общее количество бактерий по шлаку значительно выше, чем по извести. Что касается нейтрализующей способности шлака, то он вполне может быть использован как известкующее средство кислых почв, но процесс нейтрализации шлаком протекает менее интенсивно, чем известью. Известкующее воздействие доменного шлака протекает аналогично действию силиката кальция, т. е. менее резко, но действие шлака более многогранно, чем действие извести. В случае внесения доменного шлака проявляется одновременно действие и кальция, и силиката, и других элементов шлака. Вот почему шлак должен быть рассматри-

ваем, как более радикальное средство мелиорации, чем известь. Преимущество шлака, по сравнению с известью, заключается также в том, что при известковании шлаком не проявляется вредного действия даже в случае внесения его в почву по двойной гидролитической кислотности, в то время как известь, внесенная по двойной гидролитической кислотности, понижала урожай. Шлак, внесенный по двойной гидролитической кислотности, стимулировал развитие растений и давал прибавки урожая по сравнению с дозой шлака по одной гидролитической кислотности, что было нами установлено в опытах, не приводимых в данной работе.

Все это дает основание сделать следующие предварительные выводы.

1. Полученные нами экспериментальные данные по воздействию доменного шлака на почву и урожай указывают на возможность эффективного применения его в сельскохозяйственной практике.

2. Доменный шлак, внесенный в почву, как показали наши исследования, энергично влияет на повышение катионного обмена. Эта роль шлаков объясняется большим содержанием в них коллоидальной SiO_2 и других соединений, которые, будучи внесены в почву, придают ей коллоидальные свойства.

3. Кремневая кислота доменных шлаков совместно с органическим веществом, получаемым за счет скороспелого культурного пласта (роль многолетних трав), участвуя в развитии положительных физикохимических и биохимических свойств подзолистого горизонта, тем самым способствует образованию прочной структуры почвы.

4. На почвах, богатых содержанием полуторных окислов, в частности подзолистых почвах, доменные шлаки, вследствие содержания в них SiO_2, нейтрализуют вредное действие свободного алюминия, связывая последний во вторичное комплексное соединение алюмосиликатного характера.

5. Нейтрализация подвижного алюминия оказывает влияние на расширение отношения А : В (Маттсон, 1939), что в данном случае ведет к уменьшению адсорбции P_2O_5 почвенными коллоидами.

6. В опыте наблюдалась также известкующая способность доменного шлака; это свидетельствует о том, что доменные шлаки с большим содержанием кальция могут быть использованы, как материал для известкования кислых почв.

7. Силикатирование почв доменными шлаками, как показал ряд опытов, может быть весьма перспективным в поднятии урожайности на различных почвенных разностях — кислых, подзолистых, засоленных и солончаковых почвах и почвах влажных субтропиков.

В связи с перспективой широкого использования доменных шлаков в сельском хозяйстве возникает ряд вопросов, требующих дальнейшего разрешения в следующих направлениях:

1) определения лучшего времени и способа внесения доменных шлаков в почву (в виде компостов, совместно с гуматами, зеленым удобрением или другими органическими веществами);

2) дальнейшей широкой экспериментальной проверки действия доменного шлака как на урожай сельскохозяйственных растений, так и на почвы, с которыми он взаимодействует;

3) выявления лучшего места для внесения шлака в различных правильных севооборотах как отдельно, так и совместно с внесением навоза и минеральных удобрений.

Мы полагаем, что лучшим местом внесения доменного шлака в севообороте должен быть черный пар, где шлаку создаются благоприятные условия для лучшего и продолжительного взаимодействия с почвой, в течение которого может произойти достаточно полное выветривание серы, находящейся в составе шлака.

ЛИТЕРАТУРА

Бушинский В. П. Большевик, № 17, 1939.
— Советская наука, № 8—9, 1939.
— Газ. Соцземледелие, № 1, 1940.
Вильямс В. Р. Почвоведение. Сельхозгиз, 1939.
Гусев С. П. К вопросу о сельскохозяйственном использовании доменных шлаков и др. отходов. Химизация соц. земледелия, № 6, 1939.
Каппен К. Домез, № 4—5, 1936.
Клечковский В. М. и Владимиров А. А. Опыты с удобрением доменными шлаками. Химизация соц. земледелия, № 7, 1934.
Маттсон С. Почвенные коллоиды. Сельхозгиз, 1939.
Павловский. Агротехника высоких урожаев на вновь осваяемых землях. Сельхозгиз, 1938.
Певзнер Р. К вопросу о с.-х. использовании доменных шлаков. Химизация соц. земледелия, № 6, 1939.
Тарановская В. Г. Особенности почвенного поглощающего комплекса и формы удобрения под субтропические культуры (рукопись).
— Значение силикатирования для питрусовых, тунга и сидератов. Советские субтропики, № 2—3, 1939.
— Мелиорация почв. Советские субтропики, № 2—3, 1939.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

В. Р. Вильямс. Перспективная программа работ отдела биологии почвы Института агропочвоведения ВАСХНИЛ 3

В. Р. Вильямс. Тематический план музея почвоведения имени академика В. Р. Вильямса 13

Л. И. Прасолов. Почвоведение Вильямса 21

К. И. Голенкина. Из воспоминаний о В. Р. Вильямсе 23

М. И. Бурский. Вильямс как историк агрикультуры 35

В. П. Бушинский. Коренная переделка почв — основа создания эффективного их плодородия 41

М. Г. Чижевский. К теории получения высоких урожаев в свете учения акад. В. Р. Вильямса 63

Г. Р. Эйтинген. Лесоаграрная проблема в учении акад. В. Р. Вильямса . . . 83

М. И. Кантор. Почвоведение, геохимия и биогеохимия 91

Н. С. Пчелин. Роль бактерий и лишайников в первичном почвообразовательном процессе в свете учения акад. В. Р. Вильямса 99

С. П. Ярков. Схема классификации почв дерново-подзолистой зоны в свете учения акад. В. Р. Вильямса 103

С. П. Ярков. Схема классификации почв лесостепной и черноземной лугово-степной зоны 121

С. П. Ярков. Классификация почв по механическому составу 129

И. Д. Седлецкий. Новые данные по кристаллическому строению гуминовых кислот 141

Г. В. Геммерлинг и *Н. Г. Зырин.* К вопросу о рентгеноструктурном анализе гуминовой кислоты (предварительное сообщение) 149

И. И. Канивец. О «зонах» взаимодействия корневых систем и микроорганизмов в почве в связи с процессом структурообразования 155

Н. И. Саввинов и *Н. А. Панкова.* Корневая система растительности целинных участков степей Заволжья и новый метод ее изучения 177

Н. А. Дорохова. Влияние грибов ризосферы на образование прочных аггрегатов почвы 219

Т. Ф. Якубов. Материалы к микробиологической характеристике песков и песчаных почв полупустынь и пустынь СССР 235

П. А. Летунов, И. Ф. Музычук, А. Н. Лапшина. Передвижение солей с капиллярно-подвешенной водой 247

Д. И. Попазов. К вопросу о необходимости оборачивания верхнего слоя почвы при основной вспашке 267

А. П. Оганесян. Зависимость удельного сопротивления при вспашке на различную глубину от структурности почвенного профиля 291

В. П. Байко и *Д. И. Попазов.* К вопросу о влиянии смесей многолетних трав и отдельных компонентов на восстановление условий плодородия почвы

А. А. Тарунтаева. Роль многолетних трав в создании условий плодородия почв 307

П. Г. Захаров. Травопольная система земледелия — основа борьбы с эрозией почв 317

Стр.

М. Н. Першина. Природа эрозионных процессов центральной части Кисловодского района и роль растительности в борьбе с ними 325
А. С. Шамшин и *Т. В. Недосекина.* Поверхностный сток талых вод и смыв почвы в условиях центральной лесостепи и меры борьбы с ними (предварительное сообщение) 335
А. П. Мершин. К изучению почв Ханты-Мансийского округа Омской области 345
Д. П. Карпеченко. К вопросу определения суммы поглощенных катионов методом электродиагноза 361
С. И. Долгов и *А. Н. Ямников.* Испытание водопрочности почвенной структуры дождеванием 369
Н. Н. Никольский. К вопросу о строении почвенных аггрегатов 377
В. П. Тимофеев. Влияние состава лесонасаждений на влажность почвы . . . 383
М. Г. Рыженкова. К вопросу о солевыносливости некоторых сельскохозяйственных культур. 399
М. Г. Рыженкова. Способ сжигания органического вещества по Кьельдалю без вытяжного шкафа и вентиляции 402
В. П. Румянцев. К вопросу продвижения люцерны на Крайний Север . . . 405
М. Н. Першина. Пески левобережья Северного Донца Лисичанского района 413
Н. Н. Никольский. К вопросу о развитии кислотности почвы, как следствия почвообразовательных процессов и роли растительных формаций . . . 427
П. А. Летунов. Почвы Волго-Ахтубинской долины и дельты Волги 433
Б. П. Серебряков. Некоторые особенности учения о почве акад. В. Р. Вильямса 483
С. И. Боренштейн. К вопросу использования доменных шлаков в целях мелиорации почв 489

Редактор издательства В. П. Иванов. Подписано к печати 5/II 1942 г. РИСО № 1882—808 А39724. Объем 31 печ. л. +3 вкл. 42,66 уч.-изд. л. Тираж 2000 экз. Цена книги 24 р. 50 к.

1-я Образцовая типография Огиза РСФСР треста «Полиграфкнига», Москва, Валовая, 28. Заказ № 1349/417.