

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
ИНСТИТУТ ЭВОЛЮЦИОННОЙ МОРФОЛОГИИ  
И ЭКОЛОГИИ ЖИВОТНЫХ ИМ. А.Н. СЕВЕРЦОВА

Л. Б. ХОЛОПОВА

ДИНАМИКА  
СВОЙСТВ ПОЧВ  
В ЛЕСАХ  
ПОДМОСКОВЬЯ

к 970063

ВОЛОГОДСКАЯ  
областная библиотека  
им. И. В. Бабушкина



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»  
Москва 1982

634.9  
УДК 577.476  
X73

634.90

Холопова Л.Б. Динамика свойств почв в лесах Подмосквья. М.: Наука, 1982.

Монография содержит большой материал многолетних исследований сезонной динамики свойств дерново-подзолистых почв в различных типах лесных биогеоценозов Подмосквья. При обработке результатов применен информационно-логический анализ для оценки влияния некоторых факторов среды и параметров времени и места отбора образцов на свойства почвы.

Табл. 35. Ил. 25. Библиогр. : с. 110–119 (204 назв.).

Ответственный редактор

доктор биологических наук Л.О. КАРПАЧЕВСКИЙ

---

Людмила Борисовна Холопова

**ДИНАМИКА СВОЙСТВ ПОЧВ В ЛЕСАХ ПОДМОСКОВЬЯ**

*Утверждено к печати Институтом эволюционной морфологии  
и экологии животных им. А.Н. Северцова АН СССР*

Редактор издательства А.А. Фролова

Художник Т.Н. Кольченко Художественный редактор Т.И. Алексеева  
Технический редактор Г.И. Астахова. Корректор Т.И. Шеповалова

ИБ № 24213

Подписано к печати 03.03.82. Т–00535. Формат 60 x 90 1/16  
Бумага офсетная № 1. Печать офсетная. Усл.печ.л. 7,5. Уч.-изд.л. 8,9  
Тираж 650 экз. Тип. зак. 1118. Цена. 1р. 30к.

Издательство "Наука", 117864 ГСП-7, Москва В-485, Профсоюзная ул., д. 90  
Ордена Трудового Красного Знамени 1-я типография издательства "Наука",  
199034, Ленинград, В-34, 9-я линия, 12

---

X  $\frac{3802020000-150}{055(02)-82}$  775-82, кн. 2

© Издательство "Наука, 1982 г.

## ВВЕДЕНИЕ

Комплексное стационарное изучение природных биогеоэкологических систем включает детальное исследование свойств всех компонентов, слагающих эти ячейки биосферы. В умеренных широтах важнейшей их особенностью является сезонная изменчивость, определяемая сменами времен года. Варьирование свойств по сезонам года в той или иной степени присуще всем компонентам биогеоэкоценоза.

В значительной мере это относится и к почвам — неотъемлемому компоненту наземной биогеоэкологической системы. Изучению сезонной динамики свойств почв посвящено довольно большое число работ, однако используемая многими авторами методика не позволяет дать однозначного ответа, являются ли выявленные закономерности сезонными изменениями свойств почв или это результат их варьирования в пространстве. В то же время накапливаются сведения о значительной пестроте почвенного покрова. Например, пространственная неоднородность лесных почв отчетливо выявляется в пределах сравнительно небольшой площади, занимаемой лишь участком биогеоэкоценоза (Jamison, 1942; Zinke, 1962; Соболев, 1963; Винокуров и др., 1964; Мина, 1965; Карпачевский и др., 1968, 1971, 1972; Карпачевский, 1977).

Данное обстоятельство связано со специфичностью лесных биогеоэкоценозов, где деревья—эдификаторы при относительно продолжительном воздействии на почву создают определенный характер ее неоднородности в пределах поля своего влияния. Неравномерное распределение опада, травяного покрова, атмосферных осадков с растворенными в них минеральными веществами, отличия в световом режиме, почвенной фауне по радиусу от ствола дерева приводят к существенным различиям в свойствах верхних горизонтов почв.

Для получения достоверных сведений о сезонной изменчивости свойств почв при разработке методики исследования необходимо: а) определение характера пестроты почвенного покрова; б) обеспечение достаточного количества почвенных образцов для получения достоверных результатов; в) выделение постоянных пробных площадок, приуроченных к различным участкам биогеоэкоценоза, отличающимся условиями почвообразования и интенсивностью биологического круговорота. Игнорирование последнего условия часто приводит к искажению результатов наблюдений.

В данной работе рассматриваются динамика влажности, актуальной кислотности, поглощенных оснований  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  и  $Al^{3+}$ , под-

вижного фосфора в дерново-подзолистых почвах, изменчивость запасов подстилки и некоторых элементов ее зольного состава (Ca, Mg, P, Al и K) в различных типах биогеоценозов подзоны широколиственно-еловых лесов Московской обл. (Малинская биогеоэкологическая станция Института эволюционной морфологии и экологии животных им. А.Н. Северцова АН СССР, Краснопахорский лесхоз).

Наблюдения проводились в течение 1969-1972 гг. При выборе постоянных фиксированных площадок для отбора почвенных образцов учитывалась парцеллярная структура лесных сообществ.

Цель настоящей работы: 1) показать характер сезонной изменчивости названных выше свойств дерново-подзолистых почв и оценить их варьирование во времени (в парцелле и по ее зонам); 2) сравнить степень варьирования свойств во времени и в пространстве; 3) используя статистические и информационные методы, установить степень влияния факторов времени и места на свойства почвы между собой и с другими параметрами среды.

## Глава I

### ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВО ВРЕМЕНИ И В ПРОСТРАНСТВЕ - ХАРАКТЕРНОЕ СВОЙСТВО ПОЧВЫ

В последнее время широкое распространение получили детальные комплексные исследования биогеоценологических систем. Биогеоценозы представляют собой динамические системы, непрерывно изменяющиеся под воздействием внутренних сил развития и внешних факторов среды.

Лесной биогеоценоз, как и любой другой, никогда не остается постоянным, неизменным. Академик В.Н. Сукачев (1964), рассматривая вопросы динамики лесных биогеоценозов, отмечал, что в эволюции биогеоценозов наряду с изменениями, приводящими к смене биогеоценозов, одинаково важны циклические, или периодические, обратимые изменения, "которые совершаются в течение суток, годовых сезонов, а также зависят от погоды разных годов" (с. 483).

Являясь неотъемлемым компонентом наземного биогеоценоза, почва также находится в динамике, отражая в своем развитии взаимодействие развивающихся компонентов биогеоценоза, изменение всех биогеоценологических процессов (Зонн, 1964). А.А. Роде (1947) отмечает, что эволюция почв тесным образом связана не только с вековой, но и с годовой и сезонной динамикой этих процессов.

Сочетание почвенных процессов в зависимости от сезонов года определяет в целом динамику почвообразования, характерную для того или иного типа, подтипа, вида или разновидности почв. Поэтому изучение сезонных фаз почвообразования имеет большое значение и в познании генезиса почв, позволяет более полно оценить их агрохимические и лесорастительные свойства, дает возможность улучшать их и направленно воздействовать на процесс почвообразования.

Изучение динамики физических, химических и физико-химических свойств почв началось сравнительно недавно, хотя еще в 1898 г. В.В. Докучаев подчеркивал важность и необходимость изучения изменчивости свойств почв для познания современных процессов в почве. Естественно, что первые работы по изучению сезонной динамики некоторых агрохимических свойств (состава почвенных растворов и кислотности), начатые в 20-е годы нашего столетия, касались лишь пахотных почв. Проводились они в основном на опытных станциях (Московская и Северо-Западная областные опытные станции). Опыт этих исследований позволил С.П. Кравкову (1929) рекомендовать в первую очередь изучение динамики влаж-

ности почв, состава почвенных растворов и свойств почвенного поглощающего комплекса.

Исследования сезонной динамики свойств пахотных почв и выявленные при этом закономерности дали толчок аналогичному изучению почв под естественными растительными сообществами.

Одной из первых работ, посвященных динамике ряда свойств лесных почв, является исследование венгерских ученых Феера и Франка (Feher, Frank, 1936), которые изучали сезонную изменчивость общего азота и гумуса и подвижных форм калия и фосфора в почвах под буковыми лесами Венгрии, хвойными – Финляндии и сообществами лесотундры Кольского полуострова. Они установили, что в период интенсивной вегетации растительности содержание питательных веществ в почве заметно уменьшается.

Существование значительных сезонных колебаний многих химических и физико-химических свойств дерново-подзолистых лесных почв было установлено М.М. Абрамовой (1947) на лесном стационаре Почвенного института АН СССР (Калининская обл.). Было выявлено варьирование запаса подстилки, активной и обменной кислотности и содержания поглощенного кальция в гумусовом горизонте почв.

За последние 20 лет количество данных по динамике свойств лесных почв значительно увеличилось. Работы проводились в различных районах нашей страны и за рубежом.

На Дальнем Востоке под хвойно-широколиственными лесами описана динамика актуальной и обменной кислотности, подвижного фосфора и обменных катионов в бурых лесных почвах (Нечаева, 1968). Установлено, что содержание поглощенных  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  уменьшается (весной и в начале лета) в связи с увеличением влажности почвы и увеличивается по мере разложения богатого основаниями осеннего опада. Стклонения в сезон составляют в горизонтах  $A_1$  и  $A_1A_2$  1,5–2,0 мг-экв/100 г почвы. Количество подвижного фосфора в почве также связано с условиями увлажнения почвы и минерализацией растительных остатков: увеличивается от весны к лету и уменьшается в период максимального выпадения осадков, когда в условиях развития восстановительных процессов фосфор прочно связывается с железом. Кислотность почвенного раствора снижается с уменьшением влажности почвы и в периоды поступления опада. Амплитуда колебаний в верхней части почвенного профиля 0,5 ед. рН.

В Молдавии отмечена изменчивость общего гумуса и форм азота, подвижного фосфора и кислотности солевой вытяжки в бурых лесных почвах под широколиственными лесами (Дмитриева и др., 1958). Установлено повышение кислотности в декабре и июне с разницей между наименьшим и наибольшим значениями в 0,7–1,4 ед. рН; колебания подвижного фосфора составляют 7–9 мг/100 г почвы.

В южной тайге Средней Сибири на Приангарском географическом стационаре проводятся наблюдения за ритмичкой почвенно-геохимических процессов (влажность почв,  $\text{CO}_2$  почвенного воздуха,

окислительно-восстановительные условия и воднорастворимые вещества) в подзолистых лесных почвах (Шетников, 1973).

В.П. Фирсова (1964) приводит данные по динамике воднорастворимых веществ в лесных почвах борового массива Свердловской обл., отмечая возрастание их количества от весны к лету и снижение к осени, а В.Н. Смирнов (1958) рассматривает динамику питательных веществ и биологической активности подзолистых почв южной полосы лесной зоны. Им отмечается повышение кислотности почвы в конце лета и увеличение содержания фосфора в летнее время в почвах под сосняком лишайниковым и ельником сложным. В последнем изменчивость свойств почв более заметна.

С.П. Ковригин (1952) установил, что содержание питательных веществ (N, P, K) в почвах под различными древесными породами изменяется по-разному (Брянская обл.). В продолжение всего вегетационного периода наибольший запас питательных веществ наблюдается в почвах под "биогруппами" березы и дуба. Здесь же отмечается и большая изменчивость их содержания по сезонам по сравнению с почвами под хвойными породами. Для фосфора отклонения за вегетационный сезон составляют в горизонте A<sub>1</sub> 2 (сосна, ель) -6 (дуб, береза) мг/100 г.

На Полярном Севере (Ботанический сад Кольского фил. АН СССР) в иллювиально-гумусово-железистом подзоле под редкостойными еловыми лесами (Левина, 1969) выявлены сезонные колебания влажности почв (35-85%), pH (5,31-5,61), поглощенных Al<sup>3+</sup> и H<sup>+</sup> (0,6-1,8 мг-экв/100 г), общего гумуса (в горизонте A<sub>0</sub> от 66 до 80%), гидролизуемого азота (63-100 мг/100 г), подвижных фосфора (10-27 мг/100 г), калия (131-144 мг/100 г).

В южной Карелии наблюдалась сезонная динамика свойств (кислотности почвы и воднорастворимых соединений) ряда тяжелосуглинистых подзолов под ельником и дерново-подзолистых почв под березняком (Левкина, 1962), железистых подзолов под хвойными лесами и дерново-подзолистой почвы под елово-березовыми лесами (Егорова, 1958; Куликова, 1968). Выявлено, что актуальная кислотность дерново-подзолистых почв меньше осенью, а изменение ее коррелирует с динамикой подвижных Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> - большее количество Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> в почве в период наименьшей ее кислотности (Куликова, 1968).

Сведения о динамике кислотности почвы, подвижных форм N, P, K и обменных Ca и Mg в почве под сосновыми и дубовыми древостоями Литвы сообщает М.В. Вайчис (1968).

Изучалась и динамика свойств серых лесных почв. На стационаре Института леса в Теплермановском лесничестве в Воронежской обл. А.Ф. Тюлин (1954) установил изменчивость количества органического вещества и азота. С.В. Зонном и А.К. Алешиной отмечались особенности круговорота фосфора, сезонной динамики N, P, K и обменных Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> в почвах под дубовыми лесами (Зонн, Алешина, 1951; Алешина, 1954). Изучая почвы осинников в той же области, И.К. Свиридова (1961) установила наличие сезонных изменений содержания обменных оснований, подвижного

фосфора и легкогидролизуемых соединений азота. Динамика общего гумуса и азота,  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  и подвижного фосфора отмечена В.С. Шумаковым (1954) в темно-серых лесных почвах под культурами мелколиственных и широколиственных пород.

Из последних зарубежных работ известны исследования по динамике почвенной кислотности лесных почв (Vezina, 1965) и содержания в них  $\text{K}^+$  и  $\text{Mg}^{2+}$  (Semb, 1966; Armsom, 1965). Установлена изменчивость содержания  $\text{P}^{5+}$ ,  $\text{K}^+$  и  $\text{Ca}^{2+}$  под сосновыми лесами Пертшира (Usher, 1970).

В Московской обл. стационарные исследования свойств почв проводились в Погоно-Лосиноостровском лесхозе под лиственными и хвойными лесами (Степанов, 1940), на лесной даче ТСХА под сомкнутыми хвойными лесами (Ноздрунова, 1957), на Звенигородской биологической станции МГУ под ельниками, сосняками и березняками (Смирнова, Громашева, 1955; Смирнова, 1956; Смирнова, Глебова, 1958; Смирнова, Глазунова, 1958; Смирнова и др., 1963), близ Орехово-Зуева в сосновом лесу (Суханова, 1965), в Шелковском учебно-опытном лесхозе под сосновыми лесами разных бонитетов (Ильинский, 1970), в Малинском лесничестве под еловыми и липовыми лесами (Карпачевский, Киселева, 1969; Карапачевский и др., 1972).

Динамика влажности почв описана у всех авторов, занимающихся изучением изменчивости свойств, поскольку всякое изменение свойств почв связано с колебаниями условий увлажнения.

Изучение динамики запаса и состава подстилки имеет прямое отношение к исследованию изменчивости свойств почв, потому что подстилка наиболее активно воздействует на них. При изучении подстилок хвойных и лиственных лесов (подзолистые и дерново-подзолистые почвы) Калининской (Абрамова, 1947) и Московской (Степанов, 1940; Смирнова, Громашева, 1955; Смирнова, Глебова, 1958; Смирнова и др., 1963; Суханова, 1965; Максимова, 1973) областей установлена зависимость запаса лесной подстилки от состава насаждения, его возраста и метеорологических условий, регулирующих ее разложение. Изменение запасов подстилки связано с различной интенсивностью ее минерализации в течение года и неравномерностью поступления опада. Установлена доля ежегодной минерализации подстилки в различных типах леса (Смирнова, 1956) и определен период наиболее интенсивного разложения - весна-лето (Максимова, 1973).

В водных вытяжках из подстилок (Абрамова, 1947; Смирнова, 1956; Максимова, 1973) и в лизиметрических водах (Суханова, 1965) определены по сезонам pH, титровальная кислотность и щелочность, органическое вещество и содержание подвижных кальция, магния, калия, фосфора, железа и алюминия. Показано изменение этих свойств в течение года, связанное с колебаниями интенсивности микробиологической деятельности, обусловленной погодными условиями. Установлено, что подстилка более интенсивно разлагается во влажные годы, чем в сухие, а в течение года - весной и теплой осенью. Освобождение  $\text{Ca}^{2+}$  и других оснований



при разложении подстилки приводит к уменьшению активной кислотности и увеличению количества обменных оснований в верхних почвенных горизонтах. В хвойных лесах подстилки более кислые летом за счет большого количества органических кислот, образующихся при разложении, а в лиственных (березовых) лесах четко выраженной ритмичности в колебаниях кислотности не наблюдается. Наибольшее количество минеральных элементов высвобождается из подстилок в период с мая по август.

Зольный состав подстилки также значительно варьирует во времени (Степанов, 1940; Карпачевский и др., 1972). Летом, как правило, она обедняется зольными элементами. Поскольку фракции подстилки качественно различаются между собой, их разложение и изменение химического состава идет по-разному. Так, содержание щелочных и щелочноземельных элементов в хвое подстилки ельника волосистоосокового (Малинское лесничество) существенно варьирует по сезонам, а состав трухи остается постоянным (Карпачевский и др., 1972).

О динамике подвижного фосфора в дерново-подзолистых лесных почвах данных в литературе немного. К.М. Смирнова и Б.Н. Громашева (1955; Смирнова 1956), Е.М. Ноздрунова (1957) и В.В. Ильинский (1970) указывают на уменьшение его содержания в почвах в летнее время и связывают сезонные колебания с погодными условиями, характером растительности и фенологическими фазами развития растений.

Данные об изменчивости актуальной кислотности дерново-подзолистых почв в течение года разнообразны, что свидетельствует о значительной вариабельности этого свойства почвы во времени. М.М. Абрамова (1947) и К.М. Смирнова (1956), Смирнова и др. (1955, 1963) отмечают в основном снижение значений pH весной и осенью, когда, как правило, почва влажнее, и уменьшение кислотности летом в связи с интенсивной минерализацией лесной подстилки и высвобождением зольных веществ, частично нейтрализующих кислоты. По литературным данным, колебания значений pH в течение вегетационного сезона в средне- и сильноподзолистых почвах составляли в подстилке 0,5–2,0 ед. pH; в горизонте  $A_1$ –0,2–1,2 ед. pH (Абрамова, 1947; Смирнова, 1956; Левкина, 1962; Vezina, 1965; Bowser, Leat, 1968). Ф. Дюшофур (1970) считает характерными для подзолистых почв сезонные колебания pH в 0,5 ед.

С актуальной кислотностью тесно связано и содержание обменного алюминия, который в наших почвах обуславливает обменную кислотность. По П.Г. Адерихину (1940), обменная кислотность является одним из наиболее динамичных свойств почвы. Амплитуда ее колебаний может достигать 40% и более. Исследователи отмечали и увеличение, и снижение ее в почвах к осени в зависимости от года наблюдений (Абрамова, 1947); некоторые указывали на изменчивость обменной кислотности по сезонам в почвах под хвойными лесами и незначительность сезонных колебаний – под лиственными (Смирнова, 1956). Поскольку обменная кислот-

ность в изучаемых почвах обусловлена главным образом катионами алюминия в поглощающем комплексе (наши данные), значительный интерес представляют работы С.П. Яркова (Ярков, 1956; Ярков, Коптева, 1952), изучавшего подвижные формы алюминия в дерново-подзолистых почвах, их динамику и значение в развитии подзолообразовательного процесса. Он отмечает, что в периоды избыточного увлажнения (весна и осень) увеличивается содержание подвижных форм алюминия как в подстилке, так и в почвах. Наибольшее его количество обнаруживается в непосредственной близости к корням растений, где особенно интенсивно протекают восстановительные процессы.

Колебания обменной кислотности в дерново-подзолистых почвах за вегетационный сезон определены под сосняком-зеленомошником в 0,5-1,0 мг-экв, под ельником-зеленомошником - 1,5-2,2, березняком - 0,8-1,0 мг-экв (Смирнова, 1956).

Еще в 1926 г. Ф.С. Соболевым и С.М. Драчевым было замечено, что поглощенные  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  быстро реагируют даже на незначительные изменения в почве, причем амплитуда колебаний поглощенного магния больше, что указывает на его большую подвижность. Для дерново-подзолистых почв М.М. Абрамовой (1947) отмечалась незначительность колебаний содержания поглощенного кальция в горизонте  $A_1$  по сравнению с подстилкой, а К.М. Смирнова (1956) наблюдала снижение его количества летом в хвойных лесах и увеличение в это же время в лиственных с последующим снижением осенью.

Сезонные изменения в содержании поглощенного  $\text{Ca}^{2+}$  в подзолистых почвах, по литературным данным, составляют в горизонте  $A_1$  0,5-1,1 мг-экв (Абрамова, 1947) - 0,5-1,5 мг-экв (Смирнова, 1956).

Л.О. Карпачевский и Н.К. Киселева (1969) констатировали большую изменчивость во времени поглощенных  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  и  $\text{Fe}^{3+}$  и установили, что различия в 1-3 мг-экв  $\text{Ca}^{2+}$  могут определяться колебаниями содержания его во времени.

Изложенное свидетельствует, что свойства почв в большей или меньшей степени динамичны во времени, и это обстоятельство следует учитывать при любых исследованиях, в частности при изучении варьирования свойств почвы в пространстве.

На сложное мозаичное строение почвенного покрова любой территории указывали еще основоположники научного почвоведения (Докучаев, 1898; Высоцкий, 1900; Неуструев, 1922; Сибирцев, 1951). Трудami этих выдающихся ученых были установлены основные закономерности зонального, провинциального и регионального характера. Вместе с общими чертами строения была отмечена средне- и крупномасштабная мозаичность почвенного покрова, представленная большим разнообразием почвенных комбинаций (сочетаний и комплексов), формирующихся под воздействием различной совокупности факторов.

В подзолистой зоне такую мозаичность описали С.А. Захаров (1910), Б.Г. Касаткин (1925), Н.П. Карпинский (1940),

В.М. Корниенко (1950), В.М. Фридланд (1965), А.К. Ярцева и А.В. Морозова (1963), Л.С. Долгова (1964), Г.И. Григорьев и Г.А. Шершуква (1965), В.М. Сорочкин (1968), Л.О. Карпачевский и др. (1968, 1971), Н.М. Шевцов (1972), Б.Д. Зайцев (1974).

Формирование элементов среднemasштабной неоднородности почвенного покрова ("комбинации" у Неуструева, 1922; "советания" у Долговой, 1964; "мезокомбинации" у Фридланда, 1965) связывалось в основном с формами мезорельефа, обуславливающими различия в условиях увлажнения и смену биогеоценозов в пространстве.

На крупномасштабную пестроту почвенного покрова (к ней мы относим и неоднородность на сравнительно небольшой территории, например в пределах одного участка биогеоценоза) существует несколько точек зрения.

Многими исследователями (Неуструев, 1922; Филатов, 1923, 1945; Корниенко, 1950; Благовидов, 1956; Розмахов, 1957; Бутузова, 1960, 1962; Розмахов и др., 1963; Долгова, 1964; Фридланд, 1965, 1972) ведущей причиной формирования такой неоднородности (элементы ее: "комплексы" – Неуструев, "микромиксность" – Долгова, "микромбинации" – Фридланд) признавалась неоднородность микрорельефа, определяющего перераспределение тепла и влаги и, в меньшей степени, минеральных веществ, поступающих с осадками или образующихся в результате разложения растительного опада.

Работы других исследователей (Сахаров, Сахарова, 1951; Ремезов, 1961; Самойлова, 1961, 1962; Терешенкова, 1962; Рыдалевская, Терешенкова, 1963; Миронов, 1964; Farnham, Finnoy, 1965; Gimmingham et al., 1966; Карпачевский и др., 1968, 1971; и др.) показывают, что большое дифференцирующее воздействие оказывает растительность, а детальные исследования почвенного покрова обнаруживают зависимость свойств почв от мозаичности растительного покрова.

Л.О. Карпачевский и др. (1968, 1971) считают, что, по-видимому, неоднородность микрорельефа, увлажнения и других факторов проявляется прежде всего в пестроте растительного покрова. Причем в пределах одного биогеоценоза исходная неоднородность, связанная с микрорельефом, почвообразующими породами и почвенно-грунтовыми условиями, перекрывается неоднородностью, созданной самим биогеоценозом. В результате корреляционная связь между микрорельефом и почвами оценивается для лесной зоны в  $0,258 \pm \pm 0,002$ , а между растительностью и почвами –  $0,875 \pm 0,013$  (Карпачевский и др., 1968).

Неоднородность взаимодействия компонентов биогеоценоза и связанная с ней пестрота круговорота веществ явились основой дифференциации биогеоценоза на биогеоценозические парцеллы (Дылис и др., 1964; Дылис, 1969). Под последними понимаются "структурные части горизонтального расчленения биогеоценоза, отличающиеся друг от друга составом, структурой и свойствами своих компонентов, спецификой их связей и материально-энергети-

ческого обмена" (Дылис, 1969, с. 12). Парцеллы обособлены на всю толщу биогеоценоза и выделяются по эдификаторам и доминантам растительного покрова. Н.В. Дылис и др. (1973) указывают, что, хотя все компоненты биогеоценоза взаимосвязаны и взаимозависимы, степень их зависимости и воздействия друг на друга и на систему в целом неодинаковы. Главенствующая роль здесь принадлежит растительному компоненту. "Остальные участники биоты зависят от состава, строения и продуктивности растительного компонента биогеоценозов, а также от тех режимов физической среды, которые создаются внутри самих биогеоценологических систем" (с. 80).

В пределах одного биогеоценоза может выделяться несколько парцелл, размер которых может колебаться от нескольких квадратных метров до десятков и сотен.

Межпарцеллярные различия в количестве и составе опада, скорости его разложения, круговороте зольных веществ и количественных показателях водного режима выражаются в чередовании на небольшой площади различных почв (низкого таксономического уровня) и не позволяют характеризовать биогеоценоз одной почвенной разностью. Так, в липо-ельнике волосистоосоковом Малинского лесничества Московской обл. чередуются разной степени гумусированности и подзолистости дерново-подзолистые почвы; в парцеллах с преобладанием липы почвы представлены среднедерново-среднеподзолистыми, в парцеллах с преобладанием ели - слабодерново-сильноподзолистыми (Карпачевский и др., 1971). Такой тип изменчивости Л.О. Карпачевский называет парцеллярным.

Варьирование свойств почв в пределах биогеоценоза может достигать значительных величин. Так, в горизонте  $A_1$  липо-ельника волосистоосокового (Малинское лесничество) коэффициент вариации содержания обменного  $Ca^{2+}$  равен 25%,  $Mg^{2+}$  - 10,  $Al^{3+}$  - 44%; дубо-ельника крупнопоротникового соответственно 57, 13 и 44% (Карпачевский и др., 1971), а в ельнике-черничнике и березняке-черничнике Костромской обл. варьирование суммы поглощенных  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  составляло соответственно 19 и 10% и  $Al^{3+}$  - 9 и 48% (Сорочкин, 1968). Изменчивость pH в почвах под кедровыми лесами - 4-8%, мощности подстилки - 36-38%, ее зольности - 13-22% (Lowe, 1972).

В настоящее время установлено, что и внутри парцеллы почвенный покров неоднороден (Карпачевский и др., 1968; Карпачевский, 1972; Киселева, 1972). Как указывал А.А. Уранов (1965), в лесных биогеоценозах "каждый эдификатор является центром "фитогенного поля". По радиусу этого поля (например, по радиусу от ствола дерева) меняются поступление опада, мощность подстилки, густота и состав травостоя, заселенность почв фауной и микрофлорой и т.д. Такое изменение приводит к варьированию свойств почв в пределах поля. Это - внутрипарцеллярная пестрота.

Таким образом, пестрота почв внутри биогеоценоза, связанная с его структурой, делится на парцеллярную, определяемую чередованием парцелл, и внутрипарцеллярную, обусловленную воздейст

ем эдификатора. Более подробно рассмотрим последнюю из них, поскольку наши работы проводились с учетом пестроты почв в пределах парцеллы.

На влияние отдельных деревьев на свойства почвы указывал Джемисон (Jamison, 1942), который, изучая почвы апельсиновой плантации в Калифорнии, отметил закономерные изменения свойств почв по мере удаления от ствола дерева. Л.С. Травникова (1961) указала на изменение величины опада, запасов подстилки и свойств серых лесных почв на разном расстоянии от стволов деревьев в сосняке и дубраве. Цинке (Zinke, 1962) при исследовании бурых лесных почв под сосновыми лесами обнаружил различия в реакции почвы, содержании азота и обменных  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  на участках, неодинаково удаленных от стволов деревьев. Вслед за ним Л.Н. Соколов (1963) среди прочих свойств установил изменение содержания гумуса в почве по мере удаления от ствола гяньшанской ели, а М.А. Винокуров и др. (1964) – изменения в количестве опада и запасов подстилки, гидролитической кислотности почв, степени их насыщения, рН и обменного алюминия в серых лесных почвах. Одни исследователи связывали пестроту с неравномерным развитием корневых систем древесных пород и различиями химических свойств почв в пределах ризосферы и вне ее (Смирнов и др., 1964), другие – указывали на связь изменения свойств почв по радиусу от ствола дерева с химическим составом осадков, стекающих по стволу и проникающих сквозь крону деревьев (Мина, 1965; Gersper, Holowaychuk, 1970). В.Н. Мина (1965) отмечал, что почвы у стволов деревьев более кислые за счет более кислых осадков, стекающих по стволам. Опыты по перемешиванию верхнего горизонта ( $A_1$ ) почв показали, что через 2 года существовавшее ранее закономерное изменение свойств почв по радиусу от ствола дерева восстанавливается (Мина, 1967). Этот факт указывает на объективность описанного явления.

Детальное изучение парцеллярной и внутрипарцеллярной пестроты почвенного покрова проводилось в течение ряда лет на Малинской биогеоценологической станции ИЭМЭЖ АН СССР (Карпачевский, и др., 1968, 1971, 1972; Киселева и др., 1969; Киселева, 1972). Были выявлены межпарцеллярные различия свойств почв по режиму влажности, запасам и составу подстилки, содержанию и составу гумуса и содержанию поглощенных  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{Al}^{3+}$  и определен характер изменчивости этих свойств в пределах парцеллы и по зонам в зависимости от удаления от ствола дерева. Было выделено три зоны: стволовая (I), зона проекции средней (II) и периферийной (III) частей кроны. Влажность почвы, запасы подстилки, содержание поглощенных оснований в почвах этих зон различны. Так, по количеству обменного  $\text{Ca}^{2+}$  в почве зоны могут отличаться на 2–6 мг-экв/100 г. Степень варьирования содержания обменных оснований по зонам парцеллы меньше, чем для парцеллы в целом. Совокупность почв зон представляет собой объем почвы, для которого характерен набор свойств, типичный для данной парцеллы. В пределах парцеллы количество таких "типичных"

участков связано в основном с количеством растущих деревьев-эдикаторов.

Детальные исследования мозаичности свойств почв еще раз подчеркивают, что пестрота почвенного покрова является характерным свойством земной поверхности, и почвы даже на небольших площадях (в пределах участков биогеоценозов, особенно лесных, и парцелл) могут ошутимо отличаться по физическим и химическим свойствам. Следует отметить, что, как правило, в названных выше работах по изучению неоднородности свойств почв в пространстве почвенные пробы для анализа отбирались в течение всего полевого сезона, т.е. без учета сезонной динамики свойств почв. Из-за этого обстоятельства результаты пространственного варьирования могут быть завышены.

Таким образом, краткий обзор сведений об изменчивости свойств почв во времени и в пространстве показывает, что сезонная динамика и варьирование в пространстве – неотъемлемая черта почв, и сезонные процессы в почве идут на фоне ее пространственной неоднородности. Естественно, встает вопрос о соотношении этих двух одновременных явлений между собой. Данных в литературе по сравнению варьирования свойств почв во времени и в пространстве нами не было обнаружено. Лишь в статье В.И. Савича (1971) эти вопросы рассматриваются вместе, но вне связи друг с другом. Называются причины временной и пространственной изменчивости и по этим показателям выделяются группировки варьирования почвенных объектов.

В предлагаемой работе, построенной на наблюдениях за динамикой некоторых свойств дерново-подзолистых почв с учетом внутрипарцеллярной их неоднородности, мы делаем попытку сравнить характер влияния факторов времени и места и оценить степень их воздействия на фоне других параметров среды, используя при этом статистические и информационные методы.

## Глава II

### **ОСОБЕННОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА И СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ МАЛИНСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА**

#### **МЕТОДИКА РАБОТ**

Как следует из сказанного выше, динамика свойств почв изучалась многими исследователями. Однако полученные ими результаты не всегда можно сравнить между собой из-за различий в методиках исследований, которыми пользовались авторы. В частности, приемы отбора образцов у них значительно различались. Одни анализировали образцы, отобранные по генетическим горизонтам из почвенных разрезов (Дмитриева и др., 1958), другие готовили смешанные или средние образцы, взятые буром или из прикопок

с постоянных пробных площадок, размер которых выбирался произвольно (Алешина, 1954; Шумаков, 1954; Смирнова и др., 1955, 1963; Смирнова, 1956; Смирнов, 1958; Егорова, 1958; Нечаева, 1968; и др.). В некоторых работах приводятся данные, полученные в результате анализа индивидуальных образцов, отобранных в различной повторности: 2- и 10-кратной (Левкина, 1962), 3-кратной (Ковригин, 1952; Ильинский, 1970), 5-кратной (Фирсова, 1964) и 15-кратной (Свиридова, 1961). Л.О. Карпачевский и Н.К. Киселева (1969) для изучения динамики поглощенных катионов использовали ионообменные смолы (катионит КУ-2), позволяющие непрерывно вести наблюдения за динамикой в любой точке, не нарушая целостности почв. При этом лишь немногие исследователи указывали положение точек отбора почвенных проб в лесу относительно стволов деревьев. Так, М.М. Абрамова (1947) отбирала образцы в "средних" условиях, между стволами деревьев, а Ушер (Usher, 1970), применяя специальное устройство, обеспечивающее одновременно отбор 48 проб, использовал для анализа образцы, взятые в "случайных" местах.

Для морфологического описания и характеристики физических и химических свойств почв выбранных парцелл в различных типах биогеоценозов были заложены разрезы-траншеи - от ствола дерева до границы проекции кроны.

Образцы для изучения динамики свойств почв отбирались буром на одних и тех же участках (зонах) по радиусу от ствола дерева: у ствола и на расстоянии 0,7; 1,4; 2,1 м от него. Последнее расстояние соответствует границе проекций крон (среднее по многочисленным замерам). Таким образом, исследовалась почва в приствольной части парцеллы и на участках проекций средней (0,7 и 1,4 м) и периферийной частей крон.

В парцеллах было выбрано 3-4 "линейки" (по радиусу от стволов деревьев), что обеспечило 12-14-кратную повторность отбора проб для парцеллы и 3-4-кратную для каждой зоны, определяемой расстоянием от эдификатора.

Вместе с отбором почвенных проб определялся запас подстилки с площади 15 x 15 см. Подстилка не разделялась на подгоризонты, поскольку последние морфологически выделялись только в еловом лесу и у стволов в сосновых насаждениях. Не отделялись от подстилки и поступившие с опадом, не измененные разложением фракции, так как в наши цели входило изучение резерва питательных веществ в органических остатках на поверхности почвы и изменения его по мере разложения.

Наблюдения проводились в течение 1969-1972 гг. В первый год работ образцы отбирались до глубины 50-60 см трижды за вегетационный сезон, в следующие 1970-1971 гг. - ежемесячно или дважды в месяц до глубины 20 см (0-5, 5-10, 10-20 см) с мая по октябрь-ноябрь, а в 1972 г. - в мае, июле и конце октября. В данной работе приводятся данные, полученные для верхней (0-10 см) почвенной гонши (горизонты  $A_1$  и  $A_{1A_2}$ ), поскольку этот слой наиболее активно преобразуется и использует-

ся растениями в качестве источника воды и минеральной пищи (Пономарева, 1974). Установлено, что уже в горизонте  $A_2$  изменение свойств почв в течение вегетационного сезона минимально (Абрамова, 1947; Скрынникова, 1959). Наши данные, полученные в 1969 г., подтвердили это.

Изучалась динамика влажности почв, рН почвенного раствора, подвижного фосфора, поглощенных  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  и  $Al^{3+}$  и зольного состава (Са, Mg, Al, P, K) подстилки. Выбор таких свойств почв для изучения в динамике был обусловлен их значением в жизни растений и степенью участия в процессе почвообразования.

Почвенная влага – необходимое условие существования наземных биогеоценозов. Она принимает непосредственное участие во всех аспектах почвообразовательного процесса, поэтому изучение изменчивости любых свойств почв как в пространстве, так и во времени сопровождается анализом режима влажности.

Реакция почвенного раствора также оказывает существенное влияние на ход физико-химических и биохимических процессов в почве, с ней связаны многие особенности почв и условия произрастания растений, а ее динамика отражает как воздействие внешних факторов среды, так и сезонную смену сложных почвенных процессов. Изменение величины рН – первая характеристика, определяющая выбор методик для изучения других показателей почв (Зонн, 1974).

Изучение содержания и динамики фосфора в почвах представляет большой интерес как для выяснения вопросов генезиса почв, так и для решения мелиоративных, лесохозяйственных и агрохимических проблем, поскольку фосфор является одним из основных элементов питания растений. Питание растений происходит в основном за счет минеральных соединений, которые образуются в результате выветривания почвенных минералов и разложения органического вещества. Для характеристики обеспеченности растений фосфором в почве обычно определяют количество его подвижных соединений<sup>1</sup>.

Некоторые исследователи (Höjer, 1965; Acquaye, Tinsley, 1965) показали, что содержание подвижных элементов питания (таких, как N, P, K) отражает взаимосвязь почвы и растения, характеризуя не столько почву, сколько особенности произрастающей на ней растительности. Поэтому по содержанию подвижных питательных элементов часто трудно дать оценку варьирования свойств почв, а их динамика не отражает изменчивости "собственно почвенных" свойств (Карпачевский, 1972).

Изменчивость почвы могут характеризовать ее специфические свойства, или радикалы (Вавилов, 1935), которые являются диагностическими признаками почвы. Л.О. Карпачевский (1972) пред-

<sup>1</sup>Под подвижными соединениями фосфора принято понимать не только те почвенные фосфаты, которые непосредственно потребляются растениями из почвенных растворов, но и те их формы, которые сравнительно быстро могут переходить в почвенный раствор (Хейфец, 1960).



лагает давать оценку варьирования этих "радикальных" свойств почв. Среди них он называет содержание поглощенных оснований ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{H}^+$ ). Руководствуясь этим положением, мы изучали сезонную динамику содержания поглощенных  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{Al}^{3+}$  (количество  $\text{H}^+$  в поглощающем комплексе исследуемых почв незначительно). В связи с постоянно сохраняющимся равновесием между обменными ионами и ионами почвенных растворов по изменению содержания поглощенных катионов можно судить и о колебаниях концентрации почвенных растворов. Кроме того, определение обменных  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в некоторой степени дает возможность судить об обеспеченности растений этими элементами питания, поскольку, как выяснено (Дюшофур, 1970), их обменная форма легко усваивается растениями.

Что касается обменного алюминия, то его наличие в поглощающем комплексе изучаемых почв обуславливает обменную кислотность (поглощенного водорода практически нет), которая, как правило, неблагоприятно сказывается на росте растений, а количество поглощенного  $\text{Al}^{3+}$  является одним из диагностических признаков дерново-подзолистых почв; в частности, относительное содержание  $\text{Al}^{3+}$  в почвенном поглощающем комплексе является одним из показателей степени оподзоленности почвы. Некоторые исследователи (Киселева, 1968) используют процентное содержание поглощенного  $\text{Al}^{3+}$  для определения генетических горизонтов дерново-подзолистых почв.

Поскольку изменения описанных выше свойств (за исключением первого года наблюдений) фиксировались в гумусовых горизонтах почвенного профиля, наиболее активных в обменных процессах и тесно связанных со сложными превращениями органического вещества, нас интересовал вопрос о масштабах изменения зольного состава подстилки, а именно тех элементов, варьирование которых изучалось в почве. Поэтому в данной работе приведены сведения о содержании  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Al}$  и  $\text{Fe}$  в подстилке по фракциям в разные сезоны 1971 г.

Для изучения свойств почв были использованы следующие методы и методики.

Влажность почвы определялась весовым методом; pH — потенциометрически (ЛПУ-01) со стеклянным электродом. Анализ зольного состава подстилки проводился по методике В.М. Калужской (1959), при определении отдельных элементов использовались усовершенствованные методы (Родин и др., 1968). Содержание подвижного фосфора определялось по методу А.Т. Кирсанова, который, по исследованиям ВИАУ, считается наиболее простым и достаточно точным для массовой работы. Так как ежемесячно анализировалось большое количество образцов, мы сочли целесообразным использовать стандартную невывцветающую шкалу, приготовленную из минеральных солей и предоставленную нам ВИАУ.

Поглощенные  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  определялись в вытяжке 1 н.  $\text{NaCl}$ . Использование раствора хлористого натрия вместо ацетата аммония объясняется трудностями применения последнего в полевых

970063

ВОЛОГОДСКАЯ  
областная библиотека

условиях. Сравнение этих методов показало, что хотя  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  вытесняет основания в большем количестве, независимо от выбранного для вытяжки реактива сохраняется закономерное распределение обменных  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  по профилю (Киселева, 1968). Это дает основание использовать раствор  $\text{NaCl}$  для вытеснения поглощенных оснований при массовых анализах в поле. Различия между результатами определения суммы поглощенных оснований для одного аналитика данным методом составляют 0,2 мг-экв/100 г почвы.

Для определения обменного алюминия была использована методика, ранее примененная при изучении пестроты почвенного покрова Н.К. Киселевой и Л.О. Карпачевским (Киселева, 1968), где поглощенный  $\text{Al}^{3+}$  определялся в той же вытяжке, что и  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ . В почвенных исследованиях часто определяют подвижный алюминий по методу А.В. Соколова. Он основан на однократной обработке почвы раствором  $\text{KCl}$ , при которой в вытяжку переходит только часть обменного  $\text{Al}^{3+}$ , поэтому сравнивать результаты этого метода можно лишь условно. Раствор  $\text{NaCl}$  при декантации вытесняет большее количество  $\text{Al}^{3+}$ , а сравнение с методом определения  $\text{Al}^{3+}$  с  $\text{NaF}$  и алюминоном дает близкие результаты (Карпачевский, 1972). Поэтому мы вслед за указанными выше авторами обменный алюминий определяли одновременно с  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в вытяжке 1 н.  $\text{NaCl}$  при полном вытеснении этих катионов. Систематические различия между определениями составляют не более 0,1 мг-экв/100 г почвы.

Для общей характеристики почв был определен объемный вес по Качинскому, гумус по Тюрину, сделан валовой химический анализ почв (Аринушкина, 1970).

При обработке результатов использованы статистические методы (Плохинский, 1961) и применен метод "информационно-логического анализа природно-территориального комплекса" в модификации Ю.Г. Пузаченко (Пузаченко, Мошкин, 1969). Результаты для информационного анализа обработаны на ЭВМ БЭСМ-4 в Вычислительном центре АН СССР.

## ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА

Исследования проводились в различных типах биогеоценозов подзоны широколиственно-еловых лесов на территории Малинского лесничества (Краснопахорский лесхоз Московской обл.), расположенных на водораздельных участках в одних и тех же условиях внешней среды. Ниже следует краткая характеристика пробных площадей, где изучались свойства почв.

Березняк волосистоосоковый 50 лет. Древостой двухъярусный. Верхний ярус сложен березой пушистой (*Betula pubescens*) и березой бородавчатой (*B. verrucosa*). Сомкнутость 0,3-0,4, высота деревьев 15 м, диаметр стволов 10 см. Во II ярусе ель (*Picea abies*) и дуб (*Quercus robur*). В подлеске крупные кусты лещины (*Coryllus avellana*), крушина (*Frangula alnus*), рябина (*Sorbus*

аусурага); высота подлеска 0,5–4,0 м. Травяной покров хорошо развит, хотя местами проективное покрытие его снижается до 40–60%. Выделяются несколько парцелл, среди которых парцеллы с участком осоки волосистой (*Carex pilosa*) занимают 76% площади. Наблюдения проводились в березово-волосистоосоковой парцелле, господствующей в данном типе биогеоценоза (57,2% площади).

Березняк волосистоосоковый 85 лет. Древостой двухъярусный. В верхнем ярусе березы пушистая и бородавчатая. Сомкнутость крон около 0,6, высота деревьев 21–28 м, диаметр стволов 19 см. II ярус редкий (высота около 4 м), представлен молодой елью (30–35 лет) и единичными экземплярами липы (*Tilia cordata*) и дуба. Хорошо выражен молодой подрост ели высотой от 0,2 до 1 м. В подлеске разрозненные крупные кусты лещины (высотой от 2 до 5 м), крушины, редко низкорослая рябина и шиповник (*Rosa canina*). Хорошо развит травяной покров (проективное покрытие 80%). Фон образует осока волосистая. Основные парцеллы: березово-волосистоосоковая и березово-елово-мертвопокровная. Объект исследования – почва в березово-волосистоосоковой парцелле (34% площади).

Липняк волосистоосоковый 85 лет. Древостой одноярусный, представлен липой с примесью березы. Сомкнутость 0,7–0,8, высота деревьев 21 м, диаметр стволов 20 см. В подросте единичны дуб, липа. Подлесок представлен единичными кустами лещины и жимолости. Травяной покров сложен равномерно (проективное покрытие 80%), преобладает осока волосистая. Наблюдения проводились в липово-волосистоосоковой парцелле, господствующей в данном типе биогеоценоза.

Ельник лещиново-костянично-кисличный: искусственное насаждение 93 лет. Древостой двухъярусный. В I ярусе ель с примесью березы и осины. Сомкнутость крон 0,7, высота 27 м, диаметр стволов 25 см. II ярус представлен дубом и рябиной высотой 3–3,5 м. Кустарниковый ярус сложен лещиной с примесью крушины и жимолости. Травяной покров разрежен, а масса мхов в 2–4 раза больше массы трав. Среди мхов преобладают таежные виды (*Hylacomium*, *Pleurozium Schreberi*). Основные парцеллы: еловая с подростом ели, елово-лещиново-костяничная и елово-лещиново-разнотравная. Изучались свойства почв в первой из них (39,5% площади).

Сосняк лещиново-хвощово-лютиковый 78 лет. Древостой двухъярусный. I ярус сложен сосной (*Pinus silvestris*). Сомкнутость крон 0,5, высота деревьев 32 м, диаметр стволов 31 см. Во II ярусе высотой 8–12 м участвуют дуб, рябина, ива козья (*Salix caprea*), ель, клен (*Acer platanoides*), липа. Кустарниковый ярус состоит из лещины, крушины и жимолости. Травяной покров хорошо развит (*Ranunculus cassubicus*, *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris spinulosa* и др.), моховой – выражен слабо. Основные парцеллы: сосново-лещиново-хвощово-лютиковая, сосново-лещиново-костяничная и сосново-лещиново-кисличная. Наблюдения проводились в первой из указанных парцелл (39,6% площади).

Сосняк лещиново-костянично-кисличный 85 лет. Древостой одноярусный. Единичны ель, береза, осина. Сомкнутость древостоя 0,5, высота деревьев 28 м, диаметр стволов 26 см. Травяной покров развит неравномерно: на отдельных участках проективное покрытие 60-70%, местами - отсутствует полностью. Мхи занимают 20-30% поверхности и распределены неравномерно: местами проективное покрытие мохового покрова достигает 70%, на некоторых участках его совсем нет. Преобладают зеленые таежные мхи (*Pleurozium Schreberi*, *Rhytidiadelphus triquetrus*). Основные парцеллы: сосново-лещиново-костяничная и сосново-лещиново-кисличная. Свойства почв изучались в сосново-лещиново-костяничной парцелле.

Сосняк лещиново-костянично-лютиковый 60 лет. Состав одноярусного древостоя 10С. Сомкнутость 0,6-0,7, высота деревьев 26 м, диаметр стволов 22 см. Расстояние между рядами 2,5 м, в рядах - 1 м. В подлеске (высота 4-5 м) лещина, жимолость, крушина. Хорошо выражен еловый подрост (высота 3-6 м). Проективное покрытие травяного покрова 50%. На участках без подлеска развит моховой покров (проективное покрытие 10%) из *Plagiothecium denticulatum*, *Mnium punctatum* и др. Основные парцеллы: сосново-лещиново-костяничная и сосново-лещиново-мертвопокровная (под густым подростом ели). Работы проводились в первой из указанных парцелл.

Сосняк злаково-разнотравный 20 лет. Древостой одноярусный, состав 10С. Сомкнутость 0,8, высота деревьев 15 м, диаметр стволов 12 см. Культура посажена рядами с интервалами 2 м, в рядах 1 м. Подлесок отсутствует. В травяном покрове (проективное покрытие 30%) господствуют злаки: *Festuca pratense*, *Poa pratense*, *Fragaria vesca*. Дифференциация на парцеллы отсутствует.

На исследованной территории развиты дерново-подзолистые почвы разной степени оподзоленности и дерновости (т.е. степени развития горизонта  $A_1$  - Ремезов, Макаров, 1963). Поскольку рельеф и почвообразующие породы описываемой местности довольно однообразны, проявление дернового или подзолообразовательного процессов связано в основном с характером растительности (через воздействие опада и подстилки на почву) и парцеллярной структурой биогеоценозов. Свойства почв определяются типом биогеоценоза и парцеллой (Карпачевский и др., 1971; Киселева, 1972). Причем почвы одноименных парцелл разных типов леса (например, в елово-волосистоосоковых парцеллах дубо-ельника волосистоосокового и липо-ельника зеленчуково-волосистоосокового почвы слабо- и среднедерново-среднеподзолистые) более близки между собой, чем почвы контрастных парцелл одного типа леса (в липо-ельнике зеленомошно-волосистоосоковом в елово-липовой парцелле почва среднедерново-среднеподзолистая, а в елово-осоково-мшистой - сильноподзолистая), хотя и несут на себе следы влияния того биогеоценоза, к которому относятся. От почв парцелл лиственных пород к почвам еловых нарастает степень оподзолен-

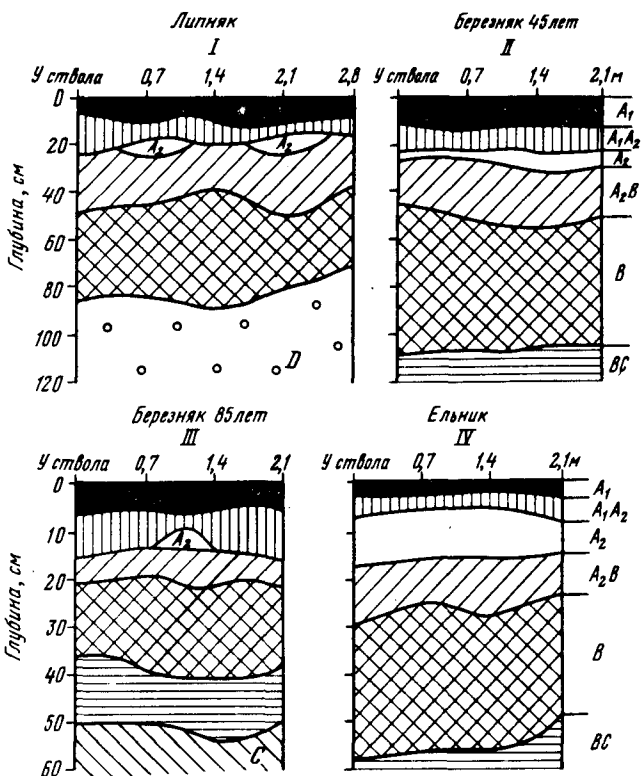


Рис. 1. Схематическое строение профилей дерново-подзолистых почв  
 I – среднедерново-среднеподзолистая под липняком волосистоосоковым; II – слабодерново-сильноподзолистая под березняком волосистоосоковым 50 лет; III – среднедерново-среднеподзолистая под березняком волосистоосоковым 85 лет; IV – слабодерново-сильноподзолистая под ельником лешиново-костянично-кисличным

ности, морфологическая выраженность горизонта  $A_2$ , уменьшается гумусированность.

В зависимости от мощности гумусово-аккумулятивного горизонта на территории станции, иногда даже в пределах одного и того же участка биогеоценоза, выделяют подвиды слабо- и среднедерново-подзолистых почв, а по соотношению мощности горизонтов  $A_1$  и  $A_2$  различают дерново-слабоподзолистые и сильноподзолистые.

Заметим, что при установлении степени оподзоленности и дерновости, как и Л.О. Карпачевский (1972), мы учитывали два обстоятельства: 1) выраженность генетических горизонтов, что согласно принятым классификациям (Ярков, 1961; Иванова, Розов, 1964) является важным условием определения таксономической принадлежности почв, и 2) соотношение мощностей генетических горизонтов,

принимая во внимание и переходные горизонты  $A_1A_2$  и  $A_2B$ . К слабодерновым мы относили почвы, где горизонт  $A_1$  был мощностью не менее 7 см, а  $A + A_1A_2 = 20$  см. Степень оподзоленности определялась по соотношению горизонтов  $A_1 + A_1A_2$  и  $A_2 + A_2B$ : при отношении  $< 1$  почву относили к сильноподзолистой, до 1,2 - к среднеподзолистой и  $> 1,2$  - к слабоподзолистой.

Приводим краткие описания почвенных разрезов, заложенных в исследованных типах леса (табл. 1, рис. 1).

*Морфологические свойства почвы.* Сравнение морфологических особенностей почв показало, что основные различия их состоят в выраженности и мощности генетических горизонтов  $A_1$ ,  $A_1A_2$  и  $A_2$ .

1. По мощности гумусово-аккумулятивные горизонты всех почв отличаются незначительно. В их окраске преобладают палевые тона, переход к низележащим слоям довольно постепенный. Лишь в почве ельника горизонт  $A_1$  отчетливо выделяется темно-серым цветом.

2. Горизонт  $A_2$  ярче выражен морфологически и мощнее в почве под ельником. Под сосновыми культурами он отмечается примерно на одинаковой глубине (19-25 см), однако под старыми посадками он более сформирован и выделяется как мощностью, так и большим количеством марганцевых пятен и зерен орштейнов. В липняке и березняке 85 лет горизонт  $A_2$  представлен линзами на глубине 20-30 см.

3. Для всех описываемых почв характерны переходные горизонты  $A_1A_2$  и  $A_2B$ , глинисто-гумусовые коллоидные пленки, покрывающие грани структурных отдельностей в горизонте В, и трещины, заполненные белесым материалом, которые проникают на глубину 100 см и более.

Отмечается изменение мощности и выраженности почвенных горизонтов по мере удаления от стволов деревьев; в хвойных лесах горизонт  $A_2$  ярче выделяется у стволов, а в почвах под листовыми породами он встречается линзами на участках проекции средней и периферийной частей крон.

По морфологическим свойствам почвы под сосновыми культурами, посадкой ели и березняком 50 лет характеризуются как слабодерново-сильноподзолистые, под липняком и березняком 85 лет - среднедерново-среднеподзолистые.

*Физические свойства почвы.* Механический состав. По механическому составу почвы района исследования относятся к пылеватым средним суглинкам (горизонты  $A_1$  и  $A_2$ ), которые к горизонту В утяжеляются до иловато-пылеватого тяжелого суглинка (Карпачевский и др., 1971).

В распределении илстых частиц по профилю отмечается довольно отчетливая связь со степенью оподзоленности почвы (рис. 2). В сильноподзолистых почвах в горизонте  $A_2$  содержание илстых частиц снижается до 4-5% и достоверно отличается от содержания ила в других горизонтах ( $m_D = 0,86$ ;  $t = 5$ ). Горизонт  $A_1A_2$  по механическому составу ближе к горизонту  $A_2$ , чем к  $A_1$ , а  $A_2B$  - к горизонту В. Вариационная обработка данных механического состава почв (табл. 2) показывает, что по содержанию фракций меха-

Таблица 1

Морфологические особенности дерново-подзолистых почв под различными типами леса

Горизонт	Тип леса *		Глубина, см	Мощность (M+m), см	Описание горизонта
1	2		3	4	5
A <sub>0</sub>	Сосняк	20 лет	0-4	4±0,3	Подстилка из полуразложившейся хвои, листьев, коры, веток, бурая, густо пронизана корнями. Граница ясная, волнистая; переход отчетливый
	"	60 лет	0-3	3±0,9	
	"	78 лет	0-2	2±0,5	
	"	85 лет	0-2	2±0,9	
	Ельник		0-3	3±1,0	
	Березняк	50 лет	0-2	2±0,2	
A <sub>1</sub>	Сосняк	20 лет	4-9	5±0,6	Темно-серый, слабо оструктурен, мелкокомковатый, суглинистый, с большим количеством корней, пористый. Граница заметна по окраске, переход постепенный
	"	60 лет	3-9	6±0,9	
	"	78 лет	2-10	8±1,0	
	"	85 лет	2-6	4±0,8	
	Ельник		3-9	6±0,5	
	Березняк	50 лет	-	-	
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	Сосняк	20 лет	9-19	10±1,0	Палево-серый, пылеватый, в нижней части слоеватый, суглинистый, рыхлый. много ходов червей и насекомых. Переход постепенный по окраске
	"	60 лет	9-17	8±1,5	
	"	85 лет	6-20	14±1,0	
	"	78 лет	10-20	10±1,0	
	Ельник		9-17	8±0,8	
	Березняк	50 лет	2-12	8±0,4	
A <sub>2</sub>	Сосняк	20 лет	19-26	7±0,9	Белесый с большим количеством ржавых пятен, с зернами орштейнов, в естественном сложении уплотнен, пористый. Переход заметный по окраске
	"	60 лет	17-28	11±1,1	
	"	78 лет	20-32	12±1,5	
	"	85 лет	20-33	13±1,5	
	Ельник		17-36	19±1,1	
	Березняк	50 лет	12-22	10±1,2	
A <sub>2</sub> B	Сосняк	20 лет	26-53	27±1,0	Неоднородно окрашенный с чередованием осветленных светло-палевых и бурых или красновато-бурых участков; площадь последних увеличивается сверху вниз. Светлоокрашенные участки легкосуглинистые, слабооструктуренные; бурые - средне- и тяжелосуглинистые, ореховатой структуры, уплотнены. На гранях структурных отдельностей белесая присыпка. Граница неровная, переход заметен по окраске и плотности.
	"	60 лет	28-44	16±1,8	
	"	78 лет	30-66	36±1,0	
	"	85 лет	33-58	25±2,2	
	Ельник		36-59	23±2,4	
	Березняк	50 лет	22-52	30±1,6	
B <sub>1</sub>	Сосняк	20 лет	53-72	19±1,0	Темно-бурый с белесыми затеками по трещинам и ходам корней, ореховато-призматической структуры, на гранях структурных отдельностей
	"	60 лет	44-70	26±2,1	
	"	78 лет	60-91	31±2,5	
	"	85 лет	58-75	17±1,5	

Таблица 1 (окончание)

1	2	3	4	5
В <sub>2</sub>	Ельник	59-86	27±2,1	темно-бурые глянцевые пленки. Граница неровная, переход заметен по окраске
	Березняк 50 лет	52-90	38±2,0	
	" 85 лет	34-49	15±2,6	
	Липняк	50-85	35±2,2	
	Сосняк 20 лет	72-94	22±1,6	Темно-бурый с охристо-ржавыми пятнами, белесые затеки встречаются реже, структура призматическая, на гранях структурных отдельных глянцевые, иногда сизоватые пленки, среднесуглинистый, плотный. Переход постепенный по окраске
	" 60 лет	84-104	20±0,9	
	" 78 лет	91-122	31±1,5	
" 85 лет	75-95	20±1,0		
Ельник	86-117	31±2,5		
В <sub>С</sub>	Березняк 50 лет	90-120	30±2,2	Сизовато-бурый с охристо-ржавыми пятнами, бесструктурный, тяжелосуглинистый, влажный, плотный. Переход постепенный по окраске
	" 85 лет	49-75	26±2,5	
	Липняк	85-96	11±2,5	
	Сосняк 20 лет	94-124	-	
	" 60 лет	102-130	28±1,1	
	" 78 лет	122	-	
	" 85 лет	95-140	45±2,0	
С	Ельник	117	-	Моренный суглинок темно-красного или ярко-желтого цвета с включением щебня
	Березняк 50 лет	120	-	
	" 85 лет	75-170	95±3,0	
	Липняк	96	-	
	Сосняк 60 лет	140	-	
	" 85 лет	140	-	
	Березняк 85 лет	170	-	

\*Приводится сокращенное название.

нического состава наиболее изменчивы в пространстве горизонты А<sub>1</sub>, А<sub>1</sub>А<sub>2</sub> и А<sub>2</sub>В.

Водно-физические свойства. Плотность, или объемный вес, почвы является ее основной физической характеристикой, отражающей водный, воздушный и тепловой режимы почвы, а следовательно, и условия биологической деятельности (Ревут, 1964). Изучаемые почвы по плотности незначительно разнятся между собой (табл. 3, 4). По этому признаку несколько больше отличаются

Таблица 2

Некоторые статистические показатели механического состава дерново-подзолистых почв (%)\*

Горизонт	Фракция, мм								
	1-0,25			0,25-0,05			0,05-0,01		
	М	δ	У	М	δ	У	М	δ	У
А <sub>1</sub>	1,0	1,08	108	14,1	5,25	37	50,8	5,37	11
А <sub>1</sub> А <sub>2</sub>	1,1	0,98	89	8,0	2,79	35	57,1	2,99	5
А <sub>2</sub>	0,4	0,10	400	7,0	0,78	11	60,2	0,42	7
А <sub>2</sub> В	1,5	1,83	122	6,8	2,36	35	49,2	6,65	14

\* Данные Л.О. Карпачевского.



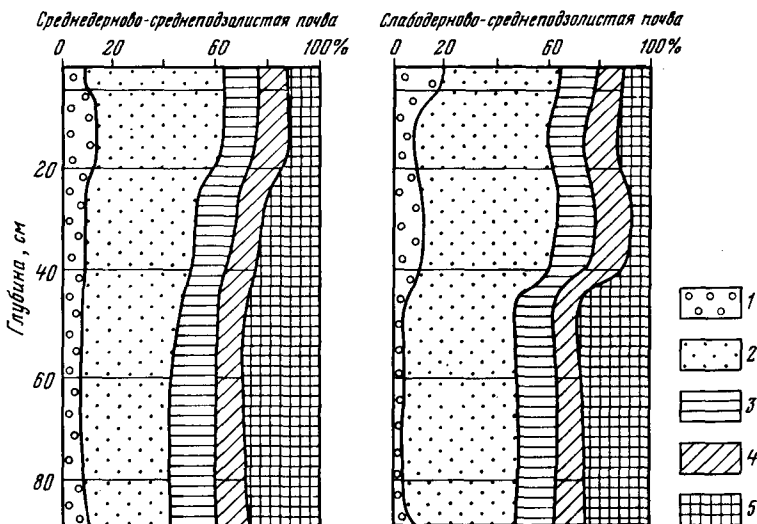


Рис. 2. Механический состав дерново-подзолистых почв  
 Фракции мм: 1 - 0,25-0,05; 2 - 0,05-0,01; 3 - 0,01-0,005; 4 - 0,005-0,001; 5 - < 0,001

гумусовые и переходные горизонты, а объемный вес иллювиального горизонта везде одинаков. Данные объемного веса показывают, что лишь малая по мощности часть почвенного профиля ( $A_0A_1$  и  $A_1$  до глубины 7-10 см) оструктурена удовлетворительно, а с глубины 44-58 см почвы характеризуются довольно плотным сложением.

С оструктуренностью тесно связаны и водные свойства почвы. По данным Л.О. Карпачевского и др. (1971), максимальная гигроскопическая влажность больше, как правило, в гумусовых и иллювиальных горизонтах, там, где больше органического вещества и выше удельная поверхность почвы, а наибольшая полевая влагоемкость приурочена к гумусовым горизонтам, горизонтам средней плотности (табл. 5, 6). По И.Б. Ревуту (1964), почва средней плотности содержит при полевой влагоемкости больше влаги, чем чрезмерно рыхлая или очень плотная.

Фракция, мм								
0,01-0,005			0,005-0,001			< 0,001		
M	$\delta$	V	M	$\delta$	V	M	$\delta$	V
11,5	0,60	5	11,5	1,07	9,3	10,0	2,44	24,4
12,6	1,26	10	11,1	1,18	10,6	9,0	1,14	12,6
13,9	0,36	2,5	13,5	1,20	8,9	4,6	0,42	9,2
11,3	1,42	12,6	9,6	1,73	18,0	24,1	3,0	12,5

Таблица 3

Объемный вес дерново-подзолистых почв под различными типами леса ( $\text{г}/\text{см}^3$ )

Горизонт	Сосняк 20 лет	Сосняк 60 лет	Сосняк 78 лет	Сосняк 85 лет	Ельник	Березняк 50 лет	Березняк 85 лет	Липняк
A <sub>1</sub>	0,77	0,94	0,99	0,98	1,00	1,19	0,84	0,84
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	1,10	1,20	1,16	1,13	1,11	1,28	1,00	1,17
A <sub>2</sub>	1,27	1,34	1,22	1,34	1,33	1,50	-	-
A <sub>2</sub> B	1,49	1,56	1,36	1,50	1,44	1,53	1,15	1,48
B <sub>1</sub>	1,57	1,67	1,45	1,56	1,51	1,64	1,45	1,58
B <sub>2</sub>	1,74	1,67	1,56	1,67	1,56	1,72	1,56	1,63
BC	1,77	1,85	1,54	1,72	1,54	1,78	1,72	1,71

Таблица 4

Варьирование объемного веса дерново-подзолистых почв Малинского лесничества

Горизонт	$M \pm m, \text{г}/\text{см}^3$	$\delta$	$V, \%$	Горизонт	$M \pm m, \text{г}/\text{см}^3$	$\delta$	$V, \%$
A <sub>0</sub> A <sub>1</sub>	0,88±0,04	0,07	7,9	A <sub>2</sub> B	1,46±0,04	0,13	8,9
A <sub>1</sub>	0,90±0,05	0,14	15,5	B <sub>1</sub>	1,56±0,03	0,08	5,1
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	1,13±0,03	0,08	7,1	B <sub>2</sub>	1,63±0,02	0,06	3,7
A <sub>2</sub>	1,32±0,03	0,09	6,8	BC	1,71 -	0,01	0,6

Таблица 5

Максимальная гигроскопическая влажность и максимальная молекулярная влагоемкость дерново-подзолистых почв

Тип леса	Горизонт	Глубина, см	МГ			ММВ			$\frac{\text{ММВ}}{\text{МГ}}$
			$M, \text{вес. \%}$	$\delta$	$V, \%$	$M, \text{вес. \%}$	$\delta$	$V, \%$	
Дубо-ельник	A <sub>1</sub>	2-5	5,38	0,05	1	22,2	3,00	13	4,12
	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	10-20	3,33	0,09	3	16,2	0,33	2	4,86
	A <sub>2</sub> B	20-40	5,01	0,01	0	13,3	0,21	2	2,65
	B <sub>1</sub>	60-70	9,38	0,06	1	13,1	0,07	1	1,39
	CD	80-100	6,87	0,10	1	10,3	0,08	1	1,49
Липо-ельник	A <sub>1</sub>	2-4	5,80	0,09	2	21,6	1,27	6	3,72
	A <sub>2</sub>	7-17	2,55	0,02	1	17,7	0,76	4	6,94
	A <sub>2</sub> B	20-30	1,63	0,01	0	15,9	0,27	2	9,73
	B <sub>1</sub>	50-60	7,74	0,04	0	15,0	0,08	1	1,94
	C	90-100	8,93	0	0	13,8	0,62	5	1,54

Таблица 6

Общая (наименьшая) влагоемкость дерново-подзолистой почвы на 3-й день после полива (дубо-ельник, елово-волосистоосоковая парцелла)

Глубина, см	НВ, вес. %			НВ, об. %	Глубина, см	НВ, вес. %			НВ, об. %
	М	δ	V, %			М	δ	V, %	
2	188,0	31,0	17	-	45	19,3	0,81	4	28,2
5	45,4	3,16	6	37,8	55	20,5	1,62	8	30,0
10	29,5	0,60	2	40,0	65	21,3	1,27	6	36,7
15	28,1	1,56	6	39,1	75	21,5	1,41	7	37,0
25	24,2	1,65	7	35,4	85	22,3	0,92	4	38,4
35	17,3	1,57	9	26,4	95	23,9	0,85	4	41,2

Таблица 7

Содержание гумуса в дерново-подзолистых почвах под различными типами леса (%)

Горизонт	Сосняк 20 лет	Сосняк 78 лет	Сосняк 85 лет	Ельник	Березняк 50 лет	Березняк 85 лет	Липняк
A <sub>1</sub>	3,36	2,33	3,58	3,33	2,94	1,58	-
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	-	1,19	-	-	1,34	1,01	0,76
A <sub>2</sub>	-	-	-	0,12	0,04	-	-

Характер водопроницаемости по профилю всех почв, по данным Л.О. Карпачевского и др. (1971), в основном одинаков: наибольшая водопроницаемость гумусовых горизонтов, с глубиной она довольно резко падает. Однако значения ее в одноименных горизонтах различных видов и подвидов дерново-подзолистых почв могут значительно варьировать, особенно в верхней части профиля, что связывается со степенью выраженности здесь генетических горизонтов или со степенью "дерновости" и "подзолистости" почвы. Так, в хорошо развитом гумусовом горизонте возрастает глубина проникновения корней, а следовательно, и количество больших пор, что увеличивает значение коэффициентов водопроницаемости, особенно нижних горизонтов.

Таким образом, по морфологическим и водно-физическим свойствам изучаемые почвы отличаются главным образом верхней частью профиля, формирование которой наиболее тесно связано с характером растительного покрова.

*Химические свойства почвы.* Органическое вещество. Содержание гумуса (по Тюрину) в дерново-подзолистых почвах (горизонт A<sub>1</sub>) колеблется от 1,58% в почве под березняком 85 лет до 3,58% - под сосняком 85 лет (табл. 7). Больше гумуса в почве под хвойными лесами. Содержание органического вещества связано с коли-

Таблица 8  
Фракционный состав гумуса дерново-подзолистых почв

Почва	Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	N <sub>общ</sub> , %	C:N исходное
Дубо-ельник волосистоосококовый, елово-волосистоосоковая парцелла					
Дерново-сред- неподзолистая	A <sub>1</sub>	3-5	3,84	0,143	28,1
	B <sub>1</sub>	50-53	0,33	0,031	6,8
Дубо-ельник волосистоосококовый, дубово-медуничная парцелла					
Дерново-сла- боподзолистая	A <sub>1</sub>	3-5	4,74	0,158	20,9
	B <sub>1</sub>	50-53	0,41	0,049	5,7
Липо-ельник зеленомошно-волосистоосококовый, елово-липовая парцелла					
Дерново-сред- неподзолистая	A <sub>1</sub>	3-5	3,60	0,133	18,3
	B <sub>1</sub>	50-53	0,32	0,028	5,0

чеством, составом и характером разложения опада. Отмечается прямая корреляция между количеством гумуса в почве и опада -  $0,90 \pm 0,05$  (Иванушкина, Карпачевский, 1969). С глубиной содержание гумуса падает, в сильноподзолистых почвах довольно резко, где на глубине 15-20 см его количество составляет десятые и сотые доли процента.

По групповому составу (табл. 8) гумуса дерново-подзолистые почвы района исследований близки между собой (Иванушкина, Карпачевский, 1969). Отношение  $C_{гк}/C_{фк}$  меньше единицы. Существенны лишь различия в содержании легкоподвижных органических веществ (декальцинат): в дерново-подзолистых почвах под елью их больше, чем в почвах, в формировании которых участвует опад других древесных пород.

В пределах одного типа леса и одной парцеллы содержание и состав гумуса в почве могут значительно варьировать. Коэффициент варьирования  $C_{общ}$  и  $C_{фк}$  для одного типа биогеоценоза составляет 17%,  $C_{гк}$  - 21-27%. В пределах березовых парцелл, почвы которых наиболее изменчивы по содержанию и составу гумуса,  $V$  для общего углерода - 17-23%, гуминовых кислот - 48-63%, фульвокислот - 13-16% (Иванушкина, Карпачевский, 1969).

Химический состав почв. Данные валового химического анализа (табл. 9) указывают на различное содержание окислов и почвенных горизонтов, что связано с их перераспределением в результате подзолообразовательного процесса: относительное накопление кремнезема в верхней части профиля по сравнению с почвообразующей породой и обеднение верхних горизонтов окислами железа и алюминия. Иллювиальные горизонты В и ВС имеют повышенное содержание полуторных окислов.

Состав гумуса, % от Собщ					$\frac{C_{гк}}{C_{фк}}$	Сумма С по всем группам
С вос- ксомол	С декаль- цината	С фуль- вокислот	С гуми- новых кислот	С остатка		
Дубо-ельник волосистоосоковый, елово-волосистоосоковая парцелла						
2,6	9,2	24,3	13,0	42,3	0,54	91,4
4,8	4,7	-	Нет	73,6	-	-
Дубо-ельник волосистоосоковый, дубово-медуничная парцелла						
2,3	4,3	20,9	11,3	51,3	0,54	89,9
4,6	3,7	-	-	73,6	-	-
Липо-ельник зеленомошно-волосистоосоковый, елово-липовая парцелла						
2,5	13,8	22,9	16,7	40,7	0,73	97,6
4,3	5,8	-	Нет	50,0	-	-

В подзолистом горизонте не отмечается резкого уменьшения количества  $SiO_2$  по сравнению с гумусовым и переходным гумусово-элювиальным горизонтами. Содержание  $SiO_2$  в верхних горизонтах (0–30 см) почвы почти одинаково. Интенсивно выносятся полурторные окислы из всей верхней толщи почвы. Ранее (Роде, 1947) также отмечалось, что степень оподзоленности (т.е. степени выщелоченности минеральной части почвы) горизонтов  $A_1$  и  $A_2$  в дерново-подзолистой почве, как правило, одинакова. Такой же характер распределения  $SiO_2$  и  $R_2O_3$  в профиле дерново-подзолистой почвы описан Г.С. Липкиной (1969) в Сухиничском р-не Калужской области.

Сравнение варьирования химического состава почв под различными типами леса (табл. 10) выявляет наибольшую его пестроту в почвах под ельниками. Сосняки более близки между собой по этому признаку, а березняки отличаются друг от друга лишь количеством  $CaO$ . В почвах всех типов леса наиболее изменчиво содержание окислов  $Ca$ ,  $Mg$ ,  $Fe$ .

Распределение по профилю щелочноземельных оснований отражает соотношение процессов выноса окислов при оподзоливании и их биологической аккумуляции. В самой верхней части профиля всех почв (гумусовый горизонт, 0–5 см) отмечается некоторое увеличение содержания  $CaO$  и  $MgO$ , связанное с биологическим накоплением этих элементов. Лежащие ниже горизонты  $A_1A_2$ ,  $A_2$  и  $A_2B$  обеднены  $Ca$  и  $Mg$  по сравнению с почвообразующей породой, что свидетельствует о выносе оснований из верхней части почвенного профиля в процессе подзолообразования. Отмеченное распределение  $CaO$  и  $MgO$  в дерново-подзолистых почвах подтверждает их значительную выщелоченность.

Таблица 9

Химический состав дерново-подзолистых почв под различными типами леса (% на прокаленную навеску)

Горизонт	Глубина, см	Потеря при прокаливании, %	SiO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
Сосняк злаково-разнотравный 20 лет											
A <sub>1</sub>	0-6	8,53	78,26	14,62	3,21	10,63	0,78	0,99	0,82	1,22	2,64
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	6-10	4,20	77,80	14,85	3,61	10,45	0,79	0,80	1,10	1,16	2,64
A <sub>2</sub>	15-22	3,10	78,00	15,66	3,91	10,80	0,95	0,82	1,06	1,10	2,57
A <sub>2</sub> B	30-40	3,50	77,10	17,22	4,50	11,75	0,97	0,92	1,04	1,09	2,71
B <sub>1</sub>	47-60	3,89	74,10	19,09	5,18	12,93	0,98	1,00	1,27	1,09	2,74
B <sub>2</sub>	70-80	3,81	74,11	19,97	5,13	12,80	1,04	1,07	1,39	1,04	2,81
BC	98-108	4,28	73,10	19,71	5,66	13,60	0,95	1,00	1,42	1,01	2,76
Сосняк лешиново-костянично-лютиковый 60 лет											
A <sub>1</sub>	0-6	6,30	81,70	14,25	3,60	9,82	0,83	0,72	0,93	1,16	2,67
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	9-17	4,24	80,50	13,26	3,07	9,18	1,01	0,45	0,75	1,12	2,71
A <sub>2</sub>	22-29	3,83	79,60	14,54	3,82	9,68	1,04	0,68	0,76	1,12	2,63
A <sub>2</sub> B	31-40	4,06	75,90	18,96	4,71	13,20	1,05	0,92	1,07	0,99	2,66
B <sub>1</sub>	55-65	3,60	75,50	18,30	4,79	12,50	1,01	0,92	1,28	1,00	2,53
B <sub>2</sub>	86-90	3,49	75,50	17,95	4,85	12,13	0,97	0,68	1,27	1,10	2,73
BC	104-114	3,45	76,00	17,34	4,53	11,87	0,94	0,98	1,28	1,05	2,57
Сосняк лешиново-хвошово-лютиковый 78 лет											
A <sub>1</sub>	0-4	6,33	80,12	13,79	3,05	9,84	0,90	1,02	1,04	1,08	2,47
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	4-16	4,92	80,79	13,64	3,40	9,31	0,93	0,89	1,04	1,14	2,52
A <sub>2</sub>	22-26	3,18	78,70	14,75	3,86	9,94	0,95	0,82	1,08	1,08	2,58
A <sub>2</sub> B	33-54	3,15	77,95	15,50	4,24	10,33	0,93	0,88	1,16	1,04	2,58
B <sub>1</sub>	60-79	3,74	74,82	18,53	5,19	12,44	0,90	0,98	1,54	1,00	2,68
B <sub>2</sub>	90-109	3,73	74,71	18,82	5,88	12,05	0,89	1,14	1,35	1,04	2,54
BC	121-125	3,28	76,91	16,80	5,07	10,93	0,80	0,98	1,11	0,98	2,30

Березняк волосистоосоковый 85 лет

A <sub>1</sub>	0-4	7,56	74,93	14,18	3,54	9,70	0,94	0,59	1,38	1,07	2,54
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	12-16	4,95	79,95	13,61	3,28	9,36	0,97	0,42	1,61	1,10	2,56
A <sub>2</sub> B	25-30	3,77	78,65	15,18	3,82	10,45	0,91	0,54	1,57	1,02	2,55
B <sub>1</sub>	35-45	3,57	76,47	17,66	5,37	11,28	1,01	0,79	1,53	0,96	2,45
B <sub>2</sub>	50-60	3,66	75,32	18,43	5,32	12,19	0,92	0,89	1,49	0,99	2,60
BC	80-90	4,08	75,47	18,62	5,24	12,45	0,93	1,03	1,75	1,03	2,31
C	145-155	4,19	74,54	18,88	5,37	12,59	0,92	1,12	1,54	0,96	2,04

Березняк волосистоосоковый 50 лет

A <sub>1</sub>	0-4	8,37	79,89	13,25	2,81	9,49	0,95	1,11	1,11	1,14	2,60
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	5-10	5,78	79,71	13,69	3,06	9,71	0,92	1,01	1,10	1,14	2,53
A <sub>2</sub>	15-20	4,02	80,15	13,17	3,44	8,83	0,90	0,92	1,24	1,12	2,55
A <sub>2</sub> B	24-29	2,70	79,89	14,00	3,05	10,07	0,88	1,03	1,19	1,11	2,48
B <sub>1</sub>	35-45	4,27	73,02	19,65	6,27	12,44	0,94	0,99	1,75	0,96	2,64
B <sub>2</sub>	60-70	3,98	73,92	19,28	5,75	12,59	0,94	0,98	1,71	0,99	2,55
BC	100-110	4,43	73,67	19,94	6,02	12,93	0,99	1,21	1,78	1,01	2,27

Дубо-ельник волосистоосоковый\*

A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	5-10	-	78,50	13,31	4,39	8,92	-	0,71	0,35	-	2,87
A <sub>2</sub>	10-29	-	79,55	13,10	9,72	9,72	-	0,62	0,18	-	2,95
A <sub>2</sub> B	30-40	-	77,82	15,95	4,16	11,79	-	0,66	0,47	-	3,13
B <sub>1</sub>	50-54	-	76,08	17,80	4,65	13,15	-	0,57	0,63	-	2,93
B <sub>2</sub>	54-68	-	72,35	15,13	5,69	9,44	-	0,57	0,57	-	2,83
BC	68-90	-	75,40	16,69	4,54	12,15	-	0,52	0,52	-	2,77

\*Данные Л.О. Карпачевского.

Таблица 10

Некоторые статистические показатели валового состава дерново-подзолистых почв под сосняками, ельниками и березняками (% на прокаленную навеску)

Горизонт	Сосняки		Ельники		Березняки	
	$M \pm m$	$V, \%$	$M \pm m$	$V, \%$	$M \pm m$	$V, \%$
1	2	3	4	5	6	7
$SiO_2$						
A <sub>1</sub>	79,94±0,74	1,9	75,28±3,37	7,6	79,66±0,23	0,4
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	79,00±0,82	2,1	79,94±0,45	1,3	79,79±0,10	0,2
A <sub>2</sub>	79,70±0,63	1,6	81,19±1,01	2,5	-	-
A <sub>2</sub> B	77,10±0,90	2,3	79,01±1,74	5,2	79,27±0,62	1,11
B <sub>1</sub>	74,90±0,50	1,3	74,44±0,59	2,7	74,75±1,80	3,2
B <sub>2</sub>	74,80±0,37	0,9	77,62±1,64	4,2	74,62±0,70	1,3
BC	74,10±0,70	1,9	-	-	74,07±0,40	0,8
$Al_2O_3$						
A <sub>1</sub>	10,06±0,20	3,9	9,83±0,25	4,6	9,60±0,10	1,4
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	9,76±0,26	5,3	9,22±0,17	4,1	9,54±0,18	2,6
A <sub>2</sub>	9,88±0,31	6,1	8,43±1,22	29,1	-	-
A <sub>2</sub> B	11,72±0,74	12,6	11,63±0,74	14,2	10,26±0,20	2,6
B <sub>1</sub>	12,75±0,20	1,6	12,62±0,23	3,2	11,86±0,59	6,9
B <sub>2</sub>	12,97±0,25	3,8	9,89±0,68	12,7	12,39±0,20	2,3
BC	23,44±0,50	3,7	-	-	12,69±0,24	2,7
$Fe_2O_3$						
A <sub>1</sub>	3,30±0,23	13,2	3,35±1,18	35,2	3,18±0,36	17,6
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	3,29±0,30	18,2	2,45±1,01	41,6	3,17±0,11	5,0
A <sub>2</sub>	3,60±0,23	12,8	3,53±0,32	18,4	-	-
A <sub>2</sub> B	4,40±0,37	16,8	3,93±0,25	14,2	3,44±0,31	12,8
B <sub>1</sub>	5,34±0,29	10,9	4,49±0,07	3,1	5,82±0,46	10,8
B <sub>2</sub>	5,69±0,38	13,2	5,25±0,15	6,9	5,54±0,22	5,6
BC	5,57±0,35	12,6	-	-	5,63±0,40	9,8
$CaO$						
A <sub>1</sub>	0,83±0,13	16,3	0,74±0,11	25,7	0,85±0,26	43,5
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	0,66±0,13	38,5	0,50±0,06	26,0	0,71±0,30	57,7
A <sub>2</sub>	0,71±0,03	9,7	0,55±0,03	9,1	-	-
A <sub>2</sub> B	0,80±0,06	16,2	0,59±0,03	11,9	0,78±0,25	43,6



Таблица 10 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7
$B_1$	$0,92 \pm 0,08$	17,4	$0,56 \pm 0,03$	8,9	$0,90 \pm 0,10$	15,7
$B_2$	$0,89 \pm 0,09$	20,2	$0,62 \pm 0,02$	8,1	$0,93 \pm 0,04$	6,4
BC	$0,89 \pm 0,07$	14,0	-	-	$1,12 \pm 0,10$	12,6
MgO						
$A_1$	$0,98 \pm 0,06$	12,2	$0,45 \pm 0,18$	68,9	$1,25 \pm 0,13$	14,4
$A_1 A_2$	$0,86 \pm 0,09$	22,1	$0,35 \pm 0,01$	6,9	$1,35 \pm 0,26$	27,4
$A_2$	$0,85 \pm 0,07$	16,5	$0,32 \pm 0,08$	43,8	-	-
$A_2 B$	$1,04 \pm 0,06$	12,5	$0,48 \pm 0,04$	18,8	$1,38 \pm 0,20$	10,9
$B_1$	$1,25 \pm 0,06$	3,5	$0,53 \pm 0,05$	17,0	$1,64 \pm 0,11$	9,8
$B_2$	$1,27 \pm 0,05$	7,9	$0,52 \pm 0,02$	7,7	$1,60 \pm 0,11$	10,0
BC	$1,40 \pm 0,04$	7,2	-	-	1,76	0
$K_2O$						
$A_1$	$2,62 \pm 0,02$	1,9	$2,81 \pm 0,23$	14,7	$2,57 \pm 0,03$	1,6
$A_1 A_2$	$2,64 \pm 0,09$	3,4	$2,78 \pm 0,05$	2,8	$2,54 \pm 0,01$	0,8
$A_2$	$2,62 \pm 0,09$	3,3	$2,90 \pm 0,12$	8,3	-	-
$A_2 B$	$2,71 \pm 0,03$	2,2	$2,86 \pm 0,08$	6,5	$2,54 \pm 0,09$	5,1
$B_1$	$2,71 \pm 0,06$	4,4	$2,97 \pm 0,03$	1,6	$2,57 \pm 0,03$	1,6
$B_2$	$2,72 \pm 0,04$	3,3	$2,74 \pm 0,11$	8,1	$2,29 \pm 0,01$	0,8
BC	$2,53 \pm 0,09$	7,1	-	-	-	-

Как указывалось выше, описываемые почвы наиболее изменчивы по содержанию окислов Ca и Mg в валовом составе. Коэффициент варьирования содержания CaO достигает 43-58%, а MgO - 30-50%. Это дает основание предположить, что различия в условиях почвообразования в различных типах леса сказываются прежде всего на содержании этих элементов.

Обменные основания. Данные определения содержания обменных оснований в почвах наиболее наглядно отражают современные процессы почвообразования (табл. 11).

Распределение поглощенных оснований в профиле всех исследуемых почв одинаково (рис. 3): содержание обменных  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  уменьшается на глубине 20-50 см в гумусово-элювиальном ( $A_1 A_2$ ) и подзолистом горизонтах и увеличивается в нижней части профиля (B и BC), на глубине 120-140 см. Наиболее резко падает количество  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  в горизонте  $A_2$  (20-40 см) почвы под еловым лесом, где профиль четко дифференцирован и  $A_2$  хорошо выражено морфологически. В горизонте BC, как правило, содержание  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  во всех почвах одинаково, чего нельзя сказать о

Таблица 11

Некоторые химические свойства дерново-подзолистых почв Малинского лесничества

Горизонт	Поглощенные основания,					
	Ca <sup>2+</sup>		Mg <sup>2+</sup>		Al <sup>3+</sup>	
	M ± m	V, %	M ± m	V, %	M ± m	V, %
1	2	3	4	5	6	7
Сосняк злаково-разнотравный 20 лет						
A <sub>1</sub>	5,0±0,8	29	0,4±0,1	25	0,6±0,1	23
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	2,9±0,7	43	0,6±0,3	99	2,5±0,2	16
A <sub>2</sub>	2,8±0,7	40	1,0±0,3	44	2,8±0,6	37
A <sub>2</sub> B	4,7±1,0	40	1,3±0,5	68	2,3±0,8	60
B <sub>1</sub>	8,1±0,8	14	1,6±1,2	110	4,0±0,9	30
B <sub>2</sub>	7,4±0,8	18	4,0±1,6	70	4,5±0,8	32
Сосняк лешиново-костянично-лутиковый 60 лет						
A <sub>1</sub>	2,0±0,3	34	0,8±0,2	62	2,1±0,7	63
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	1,6±0,3	40	0,4±0,2	62	3,3±0,7	43
A <sub>2</sub>	4,7±1,7	75	2,6±1,2	90	3,7±0,4	20
A <sub>2</sub> B	6,6±1,1	33	2,0±1,0	100	2,9±0,7	46
B <sub>1</sub>	10,2±0,9	18	4,6±0,9	38	2,9±0,6	40
B <sub>2</sub>	11,0±0,2	4	6,3±0,9	28	1,7±0,6	74
Сосняк лешиново-костянично-кисличный 85 лет						
A <sub>1</sub>	2,4±0,2	17	0,9±0,3	36	1,6±0,5	62
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	2,4±0,2	21	0,8±0,2	60	1,2±0,3	51
A <sub>2</sub>	3,8±0,7	33	1,8±0,6	74	2,6±0,9	70
A <sub>2</sub> B	4,9±1,2	16	2,2±0,5	46	2,6±1,2	98
B <sub>1</sub>	5,2±0,3	13	3,5±0,4	20	6,3±0,6	20
B <sub>2</sub>	5,6±0,8	28	4,1±0,4	18	6,6±0,9	27
Сосняк лешиново-хвошово-лутиковый 78 лет						
A <sub>1</sub>	4,3±0,2	9	1,2±0,3	48	1,0±0,1	17
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	2,9±0,2	13	1,6±0,2	22	1,5±0,1	7
A <sub>2</sub>	2,8±0,2	13	1,1±0,3	47	1,7±0,3	37
A <sub>2</sub> B	4,2±0,6	30	3,2±0,7	44	3,7±0,6	30
B <sub>1</sub>	6,4±1,0	31	4,6±0,5	21	5,9±0,6	21
B <sub>2</sub>	7,6±0,0	0	4,8±0,3	12	4,3±0,4	20
BC	11,1±1,4	24	3,2±0,0	0	2,0±0,5	48
Ельник лешиново-костянично-кисличный						
A <sub>1</sub>	7,5±1,1	29	1,5±0,2	33	1,2±0,4	58
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	2,4±1,1	90	0,6±0,2	58	3,2±0,5	32
A <sub>2</sub>	1,8±0,3	37	1,0±0,2	33	3,3±0,5	32
A <sub>2</sub> B	4,7±0,5	21	3,5±0,3	17	4,3±0,4	20
B <sub>1</sub>	6,7±0,6	18	4,3±0,3	16	3,8±0,5	27
B <sub>2</sub>	7,2±0,7	21	4,6±0,5	21	2,8±0,5	35
BC	8,5±0,4	6	5,3±0,3	11	1,5±0,4	57

МГ-ЭКВ/100 г почвы		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , МГ/100 г		рН водный	
Сумма					
M ± m	V, %	M ± m	V, %	M ± m	V, %
8	9	10	11	12	13
Сосняк злаково-разнотравный 20 лет					
5,4±0,9	30	2±0,4	35	5,00±0,06	4
6,0±0,8	24	3±0,4	23	4,87±0,06	4
6,7±0,9	24	4±1,5	70	4,92±0,05	3
8,3±2,0	42	1±0,4	70	-	-
13,7±0,3	4	1±0,4	70	-	-
15,9±0,9	20	1±0,4	70	-	-
Сосняк легиново-костянично-лютиковый 60 лет					
4,8±0,6	25	1±0,4	84	4,78±0,05	4
5,3±0,4	16	1±0,3	54	4,68±0,05	3
11,0±0,4	13	2±0,3	27	4,79±0,05	4
11,8±2,4	40	3±1,3	66	-	-
17,7±0,4	4	1±0,5	100	-	-
19,0±0,9	10	2±0,4	42	-	-
Сосняк легиново-костянично-кисличный 85 лет					
4,9±0,6	22	3±0,9	97	4,84±0,12	5
4,3±0,4	17	2±0,8	114	4,91±0,20	8
8,2±2,0	50	2±0,9	128	4,90±0,12	5
9,7±1,6	33	2±0,2	33	-	-
15,0±1,0	13	2±0,2	38	-	-
16,6±1,8	21	2±0,2	45	-	-
Сосняк легиново-хвощово-лютиковый 78 лет					
6,5±0,4	11	1±0,4	80	4,91±0,06	6
6,1±0,1	4	1±0,2	50	4,78±0,09	7
5,6±0,3	9	2±0,2	25	5,18±0,07	4
10,7±0,9	17	4±1,3	65	-	-
16,9±0,8	9	2±0,2	25	-	-
16,4±0,4	5	2±0,4	40	-	-
16,3±0,0	0	-	-	-	-
Ельник легиново-костянично-кисличный					
10,2±1,2	23	5±1,0	70	4,71±0,09	6
6,2±0,6	20	2±0,2	45	4,60±0,10	6
6,1±0,8	26	1±0,2	70	4,46±0,06	5
12,5±0,4	7	2±0	0	-	-
14,8±1,2	16	2±0,5	50	-	-
14,6±1,6	21	3±0,7	70	-	-
15,3±0,6	7	-	-	-	-

Таблица 11 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7
Березняк волосистоосоковый 85 лет						
A <sub>1</sub>	6,8±0,6	18	1,5±0,3	40	0,4±0,1	65
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	2,9±0,8	59	0,9±0,4	78	2,2±0,2	14
A <sub>2</sub> B	3,9±1,1	58	1,7±0,2	21	3,1±0,6	38
B <sub>1</sub>	5,5±1,2	42	3,0±0,9	60	4,3±0,5	24
B <sub>2</sub>	6,0±1,6	27	5,0±0,6	24	3,7±0,4	19
BC	11,9	-	0,5	-	0,3	-
Березняк волосистоосоковый 50 лет						
A <sub>1</sub>	6,1±0,3	16	2,9±0,2	21	0,8±0,1	12
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	4,3±0,2	15	2,2±0,1	15	1,2±0,4	67
A <sub>2</sub>	2,1±0,2	16	1,6±0,1	8	1,2±0,0	0
A <sub>2</sub> B	5,0±0,3	10	3,1±0,2	15	2,4±0,3	23
B <sub>1</sub>	7,8±0,5	11	5,1±0,4	15	2,5±0,2	15
B <sub>2</sub>	10,0	-	6,1	-	0,9	-
BC	11,0	-	5,3	-	0,2	-
Липняк волосистоосоковый						
A <sub>1</sub>	5,0±0,4	18	2,6±0,5	39	0,3±0,0	0
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	3,0±0,3	23	1,3±0,3	42	0,5±0,1	28
A <sub>2</sub> B	2,0±0,3	26	1,1±0,4	77	1,9±0,2	23
B <sub>1</sub>	3,4±0,6	38	3,1±0,5	34	5,6±0,8	29
B <sub>2</sub>	4,2±1,0	45	2,5±1,0	84	6,5±0,8	25

гумусовых горизонтах почв. Количество обменного кальция здесь (A<sub>1</sub>, 0–5 см) колеблется от 7,5 мг-экв/100 г почвы под еловым лесом до 2 мг-экв – под сосняком 60 лет. В этих же слоях почвы под лиственными лесами количество кальция почти одинаково и (с вероятностью 0,95) превышает его содержание под сосновыми культурами 60, 78 и 85 лет.

По количеству поглощенного магния почвы достоверно не различаются между собой, а по содержанию Al<sup>3+</sup> среди других отличны почвы под старым березняком и липняком, где его количество в 2–3 раза меньше, чем в почвах других типов леса. С глубиной содержание Al<sup>3+</sup> во всех почвах увеличивается.

Что касается относительного содержания Al в почвенном поглощающем комплексе (ППК), одного из показателей степени оподзоленности почвы, наибольший процент от суммы поглощенных оснований характерен для горизонтов A<sub>1</sub>A<sub>2</sub> и A<sub>2</sub> почв под хвойными породами и для горизонтов A<sub>2</sub>B и B – под лиственными (табл. 12). По-видимому, этот факт связан с особенностями развития дернового и подзолистого процессов в указанных типах леса. В лиственных лесах в связи с поступлением большего количества минеральных элементов (особенно Ca) с опадом создаются более благоприятные условия для развития дернового процесса, о чем свидетельствует высокое содержание обменного кальция в горизонтах как A<sub>1</sub>,

8	9	10	11	12	13
Березняк волосистоосоковый 85 лет					
8,7±0,5	12	7±0,8	40	4,93±0,09	6
6,0±0,2	8	3±0,3	33	4,77±0,07	6
8,7±1,9	43	2±0,3	50	4,74±0,07	5
12,5±2,3	36	-	-	-	-
14,8±1,7	23	-	-	-	-
12,7	-	-	-	-	-
Березняк волосистоосоковый 50 лет					
9,8±0,6	12	5±0,4	28	5,11±0,05	3
7,7±0,2	10	3±0,3	30	5,00±0,04	3
4,9±0,2	9	3±0,3	33	5,07±0,05	4
10,6±0,8	14	-	-	-	-
15,4±1,0	13	-	-	-	-
17,0	-	-	-	-	-
16,5	-	-	-	-	-
Лишник волосистоосоковый					
7,9±0,5	13	1±0,4	80	5,32±0,06	4
4,8±0,6	23	0	-	4,89±0,05	4
4,9±0,4	17	Следы	-	-	-
12,1±1,7	28	1±0,3	60	-	-
13,2±2,4	36	3±0,4	27	-	-

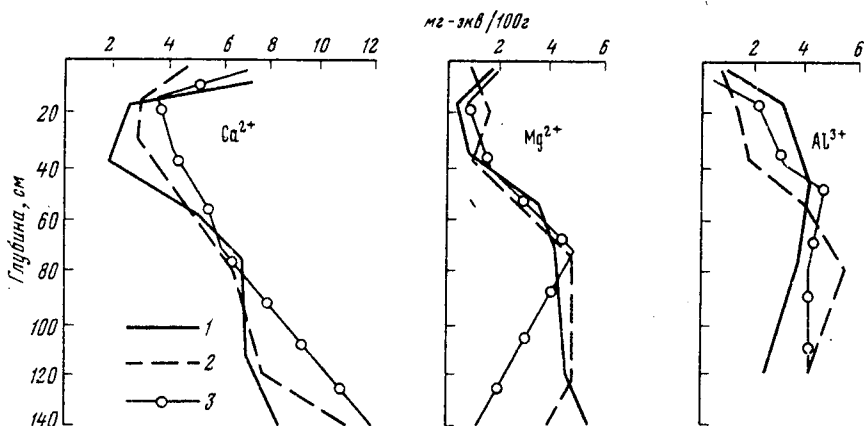
так и  $A_1A_2$ . Доля алюминия в ППК здесь в несколько раз меньше, чем в почвах под хвойными лесами, максимум смещается в горизонты  $A_2B$  и  $B_1$ .

Содержание обменных оснований в почвах одного типа биогеоценоза и парцеллы значительно варьирует (Карпачевский и др., 1968, 1971; Сорочкин, 1968; и др.). В табл. 13 приведены данные по изменчивости этих свойств в пределах выбранных для изучения парцелл.

По сумме поглощенных катионов наиболее неоднороден горизонт  $A_2B$  (20–30, 30–40 см), а по содержанию обменного кальция – оба переходных горизонта –  $A_1A_2$  и  $A_2B$ . Количество  $Mg^{2+}$  и  $Al^{3+}$  сильно варьирует во всей 30–сантиметровой толще почвы. Нижняя часть почвенного профиля по содержанию обменных оснований довольно однородна.

Большая изменчивость свойств верхних слоев почвы указывает на высокую активность ее реакции на изменение условий почвообразования.

При сравнении почв лиственных и хвойных лесов по содержанию и варьированию обменных оснований в парцеллах (горизонты  $A_1$  и  $A_1A_2$ ) выявляется большая пестрота последних. В ряду сосновых культур менее изменчивы по этим свойствам почвы под старыми (60 и 85 лет) посадками.



Р и с. 3. Распределение поглощенных оснований по профилю дерново-подзолистых почв под различными типами леса

1 – ельник; 2 – сосняк 78 лет; 3 – березняк 85 лет

Варьирование обменных оснований в почве парцеллы в целом обычно выше, чем по ее зонам, что уже отмечалось ранее (Киселева, 1972). Чаше исключением из этого правила бывает периферийная зона (2,1 м от ствола), выходящая иногда в парцеллы "око" со специфическими условиями среды (большая освещенность, хорошо развитый травяной покров, более интенсивная минерализация подстилки и т.д.).

Почвы зон могут весомо отличаться по своим свойствам. Так, содержание поглощенного  $\text{Ca}^{2+}$  в горизонте  $A_1$  в парцелле ельника и березняка 50 лет уменьшается к границе проекции кроны (1,4 м) и на расстоянии 2,1 м от ствола вновь возрастает, в сосняках минимум его отмечается в пристволевой части (рис. 4). В большинстве случаев эти различия достоверны (с вероятностью 0,95).

По содержанию  $\text{Mg}^{2+}$  почвы зон достоверно не различаются между собой, а количество поглощенного  $\text{Al}^{3+}$  в ельнике и старом березняке в горизонте  $A_1$  в стволовой части парцеллы больше, чем в других зонах; в сосняках и березняке 50 лет здесь его минимальное содержание.

Реакция почвенного раствора в гумусовых горизонтах всех почв кислая: более кислая под хвойными лесами (в ельнике рН 4,71), менее – в почвах под лиственными лесами (в липняке – 5,32), что связано с различной кислотностью соединений, образующихся в результате разложения неодинаковых по составу подстилок. В еловых лесах подстилка разлагается с образованием сильноокислых нелетучих органических кислот (Абрамова, 1947). В горизонте  $A_1A_2$  кислотность почвы увеличивается; особенно резко снижаются значения рН в гумусовом горизонте под еловым

Таблица 12

Относительное содержание поглощенных алюминия и кальция в ППК дерново-подзолистых почв под различными типами леса (% от суммы поглощенных оснований)

Горизонт	Сосняк 20 лет	Сосняк 60 лет	Сосняк 78 лет	Сосняк 85 лет	Ельник	Березняк 50 лет	Березняк 85 лет	Липняк
Алюминий								
A <sub>1</sub>	11,1	43,7	15,3	32,6	11,7	8,1	4,7	3,7
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	41,6	62,2	24,5	27,9	51,6	15,5	21,0	10,4
A <sub>2</sub>	41,7	33,6	30,3	31,7	54,0	24,4	-	-
A <sub>2</sub> B	27,7	24,5	34,5	26,8	34,4	22,8	35,6	35,4
B <sub>1</sub>	29,1	16,3	34,9	42,0	25,6	9,1	31,1	46,2
B <sub>2</sub>	28,3	8,9	26,2	39,7	19,1	5,2	24,2	59,6
BC	-	-	12,2	-	9,0	1,2	2,5	-
Кальций								
A <sub>1</sub>	92,5	41,6	66,1	48,9	73,5	62,2	78,1	63,2
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	48,3	30,1	47,5	55,8	38,7	55,8	40,8	62,5
A <sub>2</sub>	41,7	42,7	50,0	46,3	29,5	42,0	-	-
A <sub>2</sub> B	56,6	55,9	39,2	50,5	37,6	47,1	44,8	40,8
B <sub>1</sub>	59,1	57,6	37,8	34,6	45,2	50,6	44,0	28,0
B <sub>2</sub>	46,5	57,8	46,3	33,7	49,3	58,8	40,5	31,8
BC	-	-	68,0	-	55,0	66,6	93,7	-

лезом, что обуславливается тем, что: 1) в ельниках непосредственно под подстилкой сосредоточена основная масса корней, выделения которых повышают концентрацию водородных ионов в почвенном растворе (Роде, 1944; Карпинский, 1952), и 2) здесь же наиболее обильна микрофлора – актиномицеты и плесневые грибы – кислотообразователи (Смирнова, 1956).

Варьирование pH в верхнем слое почвы (в парцелле и по ее зонам) небольшое, в среднем 3–6%, однако в отдельные годы (например, в 1972 г.) коэффициенты вариации могут увеличиваться до 12–15%.

Различия в кислотности почвенного раствора отдельных зон парцелл не всегда достоверны, тем не менее в сосняке 78 лет и березняке 85 лет четко выявляются более кислые почвы приствольных зон, в липняке – в периферийной части проекции крон (2,1 м от ствола), а в ельнике и в березняке 50 лет во все годы наблюдений наименьшие значения pH отмечались в почвах участков, удаленных на расстояние 0,7 м. Разница в pH почв различных зон достигает иногда целой единицы. В.В. Геммерлинг (1927) отмечал такие же колебания pH в одном горизонте почв, а в лесных подзолистых почвах наблюдались отклонения pH в одном слое до 4 ед. (Van Groenewoud, 1961).

Различия в pH четко коррелируют с содержанием обменных Ca<sup>2+</sup> и Al<sup>3+</sup> (Pionke, Corey, 1967; Gersper, Holowaychuk, 1970).

Таблица 13

Содержание поглощенных оснований, фосфора и pH почвы в разных зонах парцелл (мг-экв на 100-г почвы)

Сентябрь 1971 г.

Горизонт	Показатель	У ствола		0,7 м	
		$M \pm m$	$V, \%$	$M \pm m$	$V, \%$
Сосняк лещиново-хвощово-лютиковый					
A <sub>1</sub>	Ca <sup>2+</sup>	4,8±0,9	21	6,0±0,6	18
	Mg <sup>2+</sup>	0,9±0,2	33	1,2±0,2	25
	Al <sup>3+</sup>	0,8±0,1	25	0,6±0,3	50
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1±0	0	2±0,6	35
	pH	4,72±0,10	2,0	4,93±0,12	4,0
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	Ca <sup>2+</sup>	4,3±0,2	19	5,3±0,5	17
	Mg <sup>2+</sup>	0,9±0,2	33	1,1±0,1	18
	Al <sup>3+</sup>	0,7±0	14	0,5±0,1	40
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1±0	0	1±0	0
	pH	4,62±0,13	4,3	4,87±0,25	8,2
Ельник лещиново-костянично-кисличный					
A <sub>1</sub>	Ca <sup>2+</sup>	6,1±1,0	33	5,5±0,5	16
	Mg <sup>2+</sup>	1,5±0,4	40	1,1±0,1	9
	Al <sup>3+</sup>	1,0±0,2	40	1,2±0,1	17
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	7±2	71	5±0,5	14
	pH	4,33±0,12	9,0	4,39±0,09	2,3
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	Ca <sup>2+</sup>	3,6±1,0	72	3,1±0,5	26
	Mg <sup>2+</sup>	1,1±0,3	56	1,0±0,05	10
	Al <sup>3+</sup>	2,6±1,0	73	1,8±0,4	39
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2±0	0	2±0	0
	pH	4,62±0,13	4,3	4,87±0,24	8,2
Березняк волосистоосоковый 50 лет					
A <sub>1</sub>	Ca <sup>2+</sup>	5,2±0,2	6	5,1±0,5	33
	Mg <sup>2+</sup>	3,1±0,6	29	1,7±0,2	18
	Al <sup>3+</sup>	0,4±0,05	25	0,6±0,1	33
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6±2,0	58	7±2,0	50
	pH	4,78±0,05	2,1	4,64±0,08	3,2
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	Ca <sup>2+</sup>	4,3±0,2	9	3,7±0,2	11
	Mg <sup>2+</sup>	1,8±0,1	16	1,5±0	0
	Al <sup>3+</sup>	0,8±0,2	38	0,8±0,2	38
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	5±0	0	4±0	0
	pH	4,65±0,09	3,8	4,53±0,12	4,6
Лишник волосистоосоковый					
A <sub>1</sub>	Ca <sup>2+</sup>	7,6±0,7	18	5,3±0,8	28
	Mg <sup>2+</sup>	2,2±0,2	18	1,9±0,2	15
	Al <sup>3+</sup>	0,2±0	0	0,5±0,2	60
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1±0,5	100	1±0,5	100
	pH	5,72±0,04	2,4	5,53±0,20	4,7
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	Ca <sup>2+</sup>	3,3±0,6	36	2,4±0,3	25
	Mg <sup>2+</sup>	2,0±0,2	55	1,1±0,1	18
	Al <sup>3+</sup>	0,6±0,2	50	0,7±0,2	43
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Нет	-	Нет	-
	pH	5,25±0,11	4,0	5,20±0,08	2,8



1,4 м		2,1 м		В парцелле	
$M \pm m$	$V, \%$	$M \pm m$	$V, \%$	$M \pm m$	$V, \%$
<b>Сосняк лещиново-хвощово-лютиковый</b>					
5,4±0,5	17	5,2±0,6	21	5,3±0,2	17
1,0±0,2	30	1,3±0,3	38	1,1±0,1	27
0,6±0,3	83	1,0±0,4	70	0,8±0,1	50
1±0	0	1±0	0	1±0,3	50
5,09±0,19	4,8	4,81±0,11	8,3	4,78±0,11	8,4
4,3±0,5	21	3,7±0,6	24	4,3±0,2	21
1,0±0	0	1,3±0,3	38	1,0±0,1	30
0,8±0,3	62	1,2±0,1	33	0,8±0,2	50
1±0	0	1±0	0	1±0	0
5,00±0,20	6,0	4,53±0,39	15,4	4,64±0,13	9,3
<b>Ельник лещиново-костянично-кисличный</b>					
3,6±0,3	14	7,3±2,0	51	5,4±0,6	39
1,1±0,1	18	1,3±0,5	61	1,3±0,1	38
1,5±0,1	13	0,4±0,1	50	1,1±0,2	36
3±0,5	40	2±0,5	50	4±0,8	75
4,09±0,18	7,3	4,90±0,10	4,1	4,40±0,10	6,8
3,1±1,0	55	1,5±0,3	33	3,0±0,4	80
1,3±1,5	23	0,9±0,05	11	1,1±0,2	73
1,7±0,4	53	2,9±0,7	50	1,1±0,1	36
2±0	0	2±0	0	2±0	0
5,0±0,20	6,0	4,53±0,40	15,4	4,64±0,15	9,3
<b>Березняк волосистоосоковый 50 лет</b>					
4,3±0,2	9	4,9±0,6	22	4,9±0,2	16
2,0±0,2	20	2,4±0,9	61	2,3±0,2	37
0,9±0,1	22	0,8±0,2	50	0,7±0,1	44
4±0	0	6±0	0	6±0,7	42
4,66±0	0	4,75±0	0	4,73±0,03	2,3
3,4±0,6	26	3,7±0,3	16	3,6±0,2	17
1,6±0,2	25	1,7±0,2	12	1,7±0,1	18
1,3±0,1	8	1,1±0,2	36	1,0±0,1	40
4±0,1	2	4±0	0	4±0,1	5
4,64±0,10	3,5	4,73±0,06	1,2	4,64±0,04	3,4
<b>Липняк волосистоосоковый</b>					
4,6±0,4	17	-	-	5,8±0,4	29
1,4	7	-	-	1,8±0,1	20
0,5±0,05	20	-	-	0,4±0,05	50
0,4±0,5	100	4±0	-	1±0,5	110
5,38±0,06	2,4	-	-	5,5±0,05	3,8
2,4±0,5	41	-	-	2,7±0,2	33
1,1±0,2	27	-	-	1,4±0,2	57
1,1±0,3	54	-	-	0,8±0,1	62
Нет	-	-	-	Нет	-
5,06±0,14	5,17	-	-	5,17±0,06	4,4

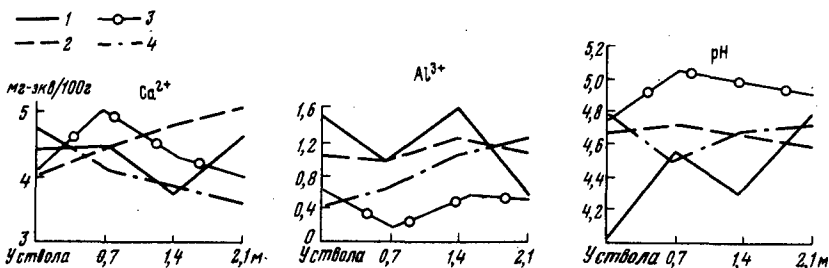


Рис. 4. Динамика pH и содержания поглощенных оснований в горизонте  $A_1$  дерново-подзолистых почв по радиусу от ствола дерева

1 - ельник; 2 - сосняк 78 лет; 3 - березняк 85 лет; 4 - березняк 50 лет

Подвижный фосфор. В профиле всех почв отмечается повышенное содержание  $P_2O_5$  в гумусово-аккумулятивном горизонте, в подзолистом горизонте оно уменьшается и вновь увеличивается в иллювиальном. Первый максимум связан в основном с биологической аккумуляцией, второй - с накоплением фосфата полуторных окислов в горизонте В. Следует отметить, что содержание  $P_2O_5$  в гумусовых горизонтах почв под различными типами леса неодинаково, что также свидетельствует о тесной связи содержания питательных элементов в верхней части почвенного профиля с растительностью (Холопова, 1973). Так, в горизонте  $A_1$  почвы под березняком 85 лет содержание  $P_2O_5$  в июле 1970 г. составляло (в среднем в парцелле) 7 мг/100 г почвы, под ельником и березняком 50 лет - 5, а под сосняками 20, 60, 78 и 85 лет и липняком - 2, 1, 1, 3 и 1 мг соответственно. Иллювиальные горизонты почв по количеству фосфора мало отличаются друг от друга.

В пределах парцеллы содержание  $P_2O_5$  в почве изменяется по мере удаления от ствола дерева (см. табл. 13). Так, под хвойными лесами максимальное количество фосфора в гумусовом горизонте в июле отмечалось в почве у стволов деревьев, а под лиственными - на расстоянии 0,7 м от них. Статистическая обработка данных показала, что содержание  $P_2O_5$  варьирует в почве в широких пределах, особенно в переходных ( $A_1A_2$ ,  $A_2B$ ) гумусово-аккумулятивных горизонтах.

Таким образом, при характеристике морфологических, физических и химических свойств почв выявлены следующие особенности:

1. Почвы различных типов лесных биогеоценозов отличаются главным образом по свойствам гумусового горизонта  $A_1$ , реже -  $A_1A_2$ , что указывает на тесную связь почв с растительностью, играющую ведущую роль в их формировании. Почвы под хвойными типами леса, как правило, отличаются большей оподзоленностью профиля.

2. Почвы парцелл неоднородны по свойствам; наибольшая их изменчивость отмечена в парцеллах хвойных лесов.

3. Высоким варьированием свойств отличается верхняя (0–30 см) толща почвы, наиболее активно реагирующая на изменение условий среды.

4. Зоны парцелл отличаются свойствами почв, изменчивость свойств почв зон меньше, чем парцеллы в целом.

### Глава III

## ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ И РЕЖИМ ВЛАЖНОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

### РЕЛЬЕФ, ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ПОЧВООБРАЗУЮЩИЕ ПОРОДЫ

Малинское лесничество расположено в 50–60 км к югу от Москвы на междуречье рек Пахры и Десны в пределах южного склона Клинско–Дмитровской гряды, являющейся частью обширной Смоленско–Московской возвышенности. Водораздельное пространство представляет собой плоскую, местами слабо всхолмленную моренную равнину, возникшую в краевой зоне московского оледенения. На равнине наблюдается редкая сеть древних ложбин стока талых вод, долинно–зандровые понижения и отдельные острова грядово–холмистого рельефа. Наибольшая высота водораздела 206,4 м, наименьшая – у уреза рек – 148,8 м. Такой перепад высот обеспечивает достаточно хорошую дренированность района.

Исследуемая территория сложена осадочными породами каменноугольного, юрского и мелового возрастов, перекрытыми четвертичными отложениями (Абрамович, 1946). Меловые отложения встречаются в бассейне р. Пахры отдельными пятнами и представлены преимущественно песками. Они перекрыты песками зандрового типа и красно–бурыми глинами с валунами кристаллических пород (нижняя морена). Выше залегают межморенные пески и суглинки, которые сменяются красно–бурыми опесчаненными глинами (московская морена). Московская морена, которая вскрывается на территории стационара в почвенных разрезах иногда на небольшой глубине, представлена валунными суглинками с прослоями, линзами разнозернистых песков и включениями грубовалунного несортированного материала, главным образом из местных пород. Моренные отложения перекрыты покровными лёссовидными суглинками мощностью от 0,5 до нескольких метров. В вопросе происхождения покровных суглинков единого мнения до сих пор не существует. Так, М.М. Филатов (1945) и С.С. Поляков (1960) относили их к флювиогляциальным образованиям, А.И. Спиридонов (1948) полагает, что они образовались при вытаивании мелкозема из ледников и снежников и на склонах были переотложены в результате солифлюкционных и делювиально–дефлюкционных процессов. Широко признается гипотеза А.А. Борзова (1954) и И.П. Герасимова

(1960) о происхождении покровных суглинков в результате преобразования отложенной ледником морены. Согласно этой гипотезе, в условиях более теплого и влажного климата послеледникового периода в результате выщелачивания и вымывания мелкозема из морены на месте древнего приледникового наноса сформировалась выщелоченная двучленная поверхностная порода, на которой развернулось современное почвообразование.

Покровные суглинки являются в районе Малинской биогеоценологической станции почвообразующей породой. Минералогический состав покровных суглинков отличается однородностью. Петрографические исследования показали, что основная масса породы состоит из различных минералов, содержащих обломочные зерна кварца и углистые обрывки (Поляков, 1960). В механическом составе характерно преобладание крупнопылеватых и глинистых фракций. Большое содержание коллоидов в них обуславливает значительную емкость поглощения. Среди обменных катионов преобладают  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ . Покровные отложения Московской области обычно глубоко выщелочены от карбонатов (Завалишин, Фирсова, 1960) и по химическому составу относятся к сиаллитным породам,

## РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

По геоботаническому районированию В.В. Алехина (1947), уточненному П.П. Жудовой (1962), территория биогеоценологической станции относится к Голицынско-Кубинскому подрайону подзоны елово-широколиственных лесов, у южной границы сплошного распространения еловых лесов.

Зональным типам растительности района считаются широколиственно-еловые леса, представленные ксеромезофильной группой сложных ельников с доминированием в наземном покрове осоки волосистой (Бязров и др., 1971). Такие леса расположены в основном на пологих склонах, при переходах на плоские пониженные пространства. На территории станции они представлены липо-ельниками зеленомошно-волосистоосоковыми, распространенными на участках нижних склонов и липо-ельниками зеленчуково-волосистоосоковыми – на более выпуклых элементах рельефа. Широколиственные леса и дубо-ельники с характерным для них широколиственным наземным покровом занимают небольшие площади и приурочены к повышенным элементам рельефа.

Значительные площади заняты мелколиственными лесами: осинниками и березняками. Некоторые ассоциации осинников и березняков (из *Betula pubescens*) относятся к коренным типам и связаны с влажными экотопами. Большая же часть таких лесов обусловлена антропогенным воздействием в этом районе (Бязров и др., 1971). Березняки, как правило, являются производными от дубо- и липо-ельников волосистоосоковых и встречаются в различном возрасте. При сменах широколиственно-еловых лесов осинники занимают более влажные по сравнению с березняками местообитания.

Сосновые леса на указанной территории являются искусствен-

ными насаждениями и представлены культурами разного возраста: от 20 до 90 лет. В молодых посадках травяной покров изрежен и однороден, подросток представлен единичными экземплярами. В старых насаждениях структура древостоя и травяного яруса усложнена: широко развит подросток, травяной покров более сомкнут, чем в молодых культурах.

### КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Район исследования входит в зону влажного климата с теплым летом и умеренно холодной зимой, устойчивым снежным покровом и хорошо выраженными весенним и осенним периодами. Климат района детально характеризуется в работе С.И. Небольсина (1949) на основе данных метеостанции Собакино, расположенной в 10 км к северу-западу от Малинского лесхоза (ныне метеостанция им. С.И. Небольсина).

Среднегодовая температура воздуха  $3,8^{\circ}$ , средняя температура самого холодного месяца (января)  $-10,6$ , самого теплого (июля)  $+17,4$ . Период с температурами более  $5^{\circ}$  равен 210 дням (с 6 апреля по 3 ноября) с суммой температур  $2230^{\circ}$ . Почва оттаивает к 10-30 апреля.

Осадки выпадают неравномерно не только в течение года, количество их заметно колеблется в отдельно взятые годы. В засушливые годы осадков выпадает 434 мм, во влажные - 821 мм. Средняя сумма осадков в год составляет 550 мм (171 день с осадками), из которых почти 70% приходится на теплый период, а 1/3 выпадает в виде снега, который образует сплошной покров.

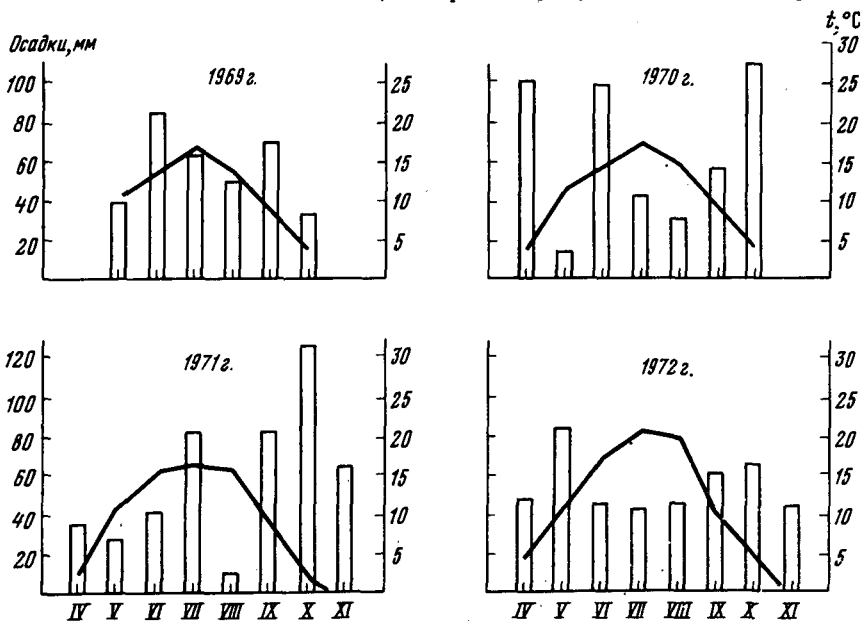


Рис. 5. Ход температуры и количества осадков в период наблюдений

Таблица 14

Наибольшая высота снежного покрова и запас воды в снеге в лесу (ст. им. С.И. Небольсина)

Показатель	1969 г., 10,III	1970 г., 31,III	1971 г., 15,III	1972 г., 10,III
Наибольшая высота снежного покрова, см	50	78	39	28
Запас воды в снеге, мм	95	273	86	64

Таблица 15

Запас воды в снеге (мм)

Тип леса	1968- 1969 гг.	1969- 1970 гг.	1970- 1971 гг.	1971- 1972 гг.
Сосняк злаково- разнотравный 20 лет	61,1	126,0	-	-
Сосняк лещиново- костянично-лютиковый 60 лет	79,7	162,0	-	-
Сосняк лещиново- костянично-кисличный 85 лет	72,9	-	-	-
Липняк волосисто- осоковый	97,4	186,2	-	-
Сосняк лещиново- хвошово-лютиковый 78 лет	-	-	62,2	45,0
Ельник лещиново- костянично-кисличный	-	-	40,0	21,0

Осенью осадков, как правило, больше, чем весной. В начале вегетационного периода часты засухи, вызывающие иссушение почвы.

Рассмотрим некоторые особенности погоды за период наблюдений (рис. 5, табл. 14, 15).

В 1969 г. устойчивый снежный покров, мощность которого была невелика, разрушился в первой половине апреля, но май и июнь были холодными с понижением температур ночью до 0°. Лето и осень дождливы.

В 1970 г. весна была теплой, в апреле после снежной зимы прошло бурное таяние снега, выпали обильные осадки. Летом и

осенью наблюдалась неустойчивая погода, но в целом теплая, с достаточным количеством осадков.

1971 г. не выделялся особенностями погоды. Его климатические показатели близки к средним многолетним.

Совершенно особенным в климатическом отношении был 1972 год. Малоснежную зиму сменило жаркое и засушливое лето. К 8 апреля сошел снег и установился длительный бездождный период с засухой, самой сильной в последние 10 лет. Осадков выпало в 4 раза меньше нормы. Лишь осенью отмечалась дождливая погода. Описанные условия погоды в течение периода наблюдений нашли свое отражение в особенностях режима влажности почв, рассматриваемого ниже.

### РЕЖИМ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВ

Для дерново-подзолистых почв характерен промывной тип водного режима со сквозным промачиванием весной, после таяния снега (Качинский, 1927; Васильев, 1950, 1959; Зонн, Кузьмина, 1964; Роде, 1965). По данным С.П. Яркова (1961), в весенний период просачивание воды в дерново-подзолистую почву составляет 25,2% от годовых осадков и происходит обычно до середины мая, в период с температурами воздуха 0-5°. После этого в связи с повышением температуры, увеличением испарения влаги почвой и растениями нисходящий ток прекращается. В отдельные годы наблюдается промачивание почвы и в летнее время (Васильев, 1959; Роде, 1965). В почвах Малинского лесхоза подобное явление отмечалось в июне 1963 г. (Карпачевский и др., 1971). Обычно же летние осадки смачивают лишь верхний 10-сантиметровый слой почвы. Более глубокому промачиванию почвы мешают испарение и транспирация (Скрынникова, 1969).

Влажность почвы связана с погодными условиями периода наблюдений (рис. 6). Так, наиболее влажными в течение всего вегетационного сезона почвы были в 1969 г., а в сухой 1972 г. с весны до глубокой осени они были сильно иссушены. Тем не менее в динамике влажности дерново-подзолистых почв за время вегетации растений, как правило, имеются общие черты: максимальные запасы влаги наблюдаются весной, наименьшие - летом, в период интенсивного потребления влаги растениями, испарения и транспирации (табл. 16). К осени количество влаги в почве увеличивается, но весеннего уровня, как правило, не достигает. Естественно, что сроки таких максимумов могут существенно отличаться год от года.

По данным 1969 г., наиболее изменчива по сезонам влажность верхнего 30-сантиметрового слоя почвы. На глубине 40-60 см эти колебания не заметны. Ниже мы рассматриваем динамику влажности верхней 10-20-сантиметровой почвенной толщи.

При общем характере изменения влажности отмечается разница в амплитуде ее колебаний по сезонам в почвах под различными типами леса, которая, как правило, сохранялась во все годы наблю-

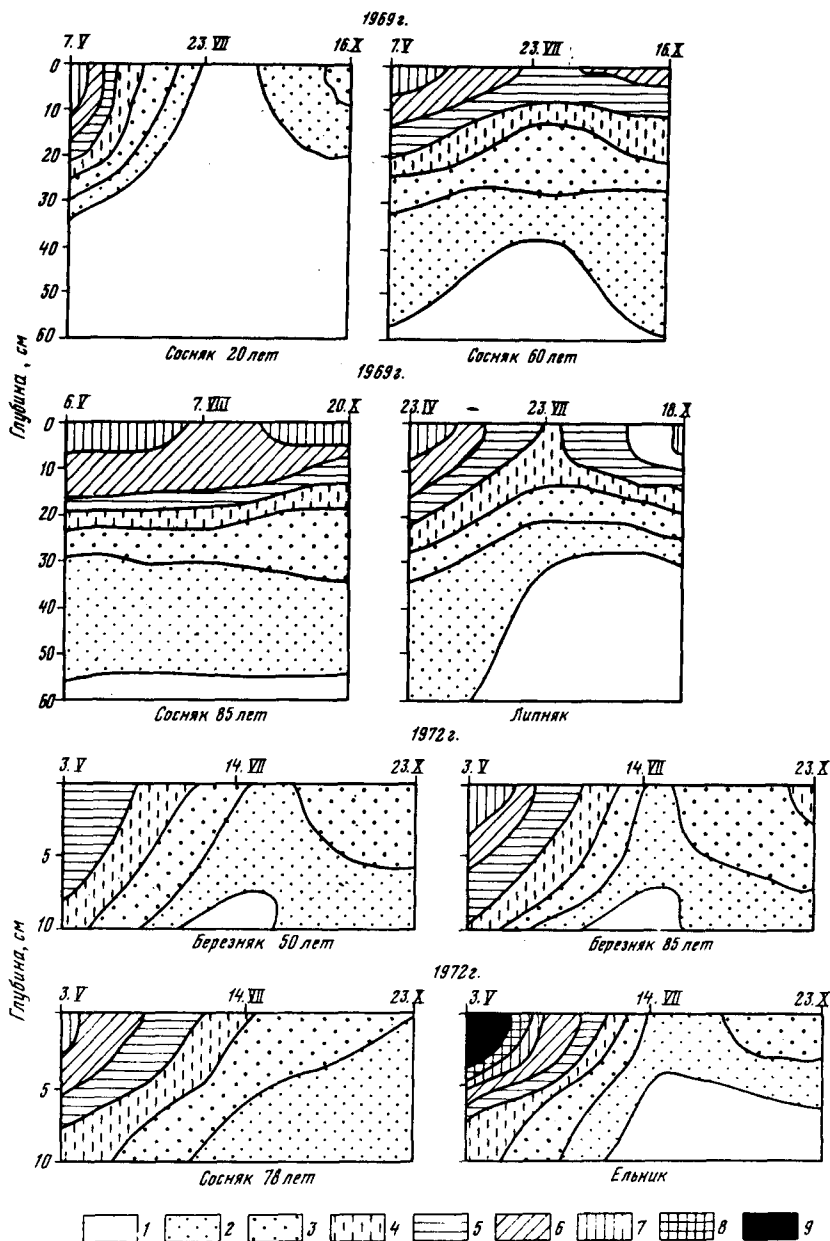


Рис. 6. Динамика влажности дерново-подзолистых почв под разными типами леса

1 - 15-20%; 2 - 20-25; 3 - 25-30; 4 - 30-35; 5 - 35-40; 6 - 40-45; 7 - 45-50; 8 - 50-55; 9 - 55-75%



Таблица 16

Запас влаги в слое 0-10 см дерново-подзолистых почв под различными типами леса

Дата	Липняк	Сосняк 20 лет	Сосняк 60 лет	Сосняк 85 лет	Сосняк 78 лет	Ельник	Берез- няк 50 лет	Берез- няк 85 лет
1969 г.,								
23.IV	44	38	50	39	-	-	-	-
23.VII	36	15	35	40	-	-	-	-
18.X	39	22	42	33	-	-	-	-
1970 г.,								
2.V	-	-	-	-	66	80	-	-
15.V	40	-	-	-	50	44	48	-
24.VI	-	30	50	-	39	22	-	-
14.VII	15	18	38	-	34	32	38	30
5.VIII	13	14	28	-	30	24	20	22
20.VIII	26	22	35	-	32	30	34	27
8.IX	28	26	41	-	34	31	38	29
2.X	36	30	40	-	39	35	44	33
22.X	37	31	42	-	36	36	44	36
1971 г.,								
9.V	-	-	-	-	48	38	54	17
1.VI	-	-	-	-	38	38	43	32
1.VII	-	-	-	-	38	32	44	37
4.VIII	-	-	-	-	38	24	36	32
1.IX	-	-	-	-	26	18	22	19
8.X	-	-	-	-	40	39	48	42
1972 г.,								
3.V	-	-	-	-	42	47	42	39
14.VII	-	-	-	-	28	20	26	21
23.X	-	-	-	-	24	26	30	26

дений. Этот факт, свидетельствующий о связи водного режима почв с характером растительности, был установлен и ранее (Зонн, Кузьмина, 1964; Шлейнис, 1965; Карпачевский и др., 1971; Wilm, 1957; Bumes, Kardos, 1963; Daubenmire, 1968).

По нашим данным, сильнее иссушается почва под ельником, сосняком 20 лет и липняком. О большем иссушении почвы под еловыми лесами свидетельствуют и литературные данные (Зонн, Кузьмина, 1964; Карпачевский и др., 1971; Взуздаев, 1972).

Наши результаты показали, что хотя весной почва под ельником бывает больше насыщена водой, чем в других лесах, уже к середине или концу мая запасы воды в почве под ельником становятся меньше, чем в почвах под другими лесами (см. рис. 6).

Отличительные особенности водного режима почв ельника лесничново-костянично-кисличного наглядно подтверждаются при сравнении с результатами сезонной динамики влажности почв под сос-

Таблица 17

Варьирование влажности дерново-подзолистых почв в пределах парцеллы (%) 1971 г.

Тип леса	Дата	Глубина, см					
		0-5			5-10		
		М	δ	V	М	δ	V
Сосняк лещиново-хвощово-лютиковый 78 лет	9.V	51,3	4,7	9	38,0	6,1	16
	1.VI	40,7	5,4	13	31,0	2,3	7
	1.VII	42,1	4,2	10	30,4	3,5	12
	4.VIII	41,8	5,6	13	30,7	7,5	24
	1.IX	27,0	5,0	19	21,6	4,1	19
Ельник лещиново-костянично-кисличный	8.X	43,7	3,9	9	32,1	2,5	8
	9.V	69,0	16,2	23	42,8	8,5	20
	1.VI	39,4	3,8	10	32,6	5,0	15
	1.VII	33,5	5,9	18	27,7	5,0	18
	4.VIII	26,5	6,1	23	20,0	3,9	20
Березняк волосисто-осоковый 50 лет	1.IX	19,1	3,4	18	14,1	1,6	11
	8.X	42,3	3,8	9	32,4	3,8	12
	9.V	52,0	5,0	10	38,6	1,8	5
	1.VI	38,9	8,4	22	33,4	3,5	10
	1.VII	40,0	6,7	17	34,0	4,4	13
Березняк волосисто-осоковый 85 лет	4.VIII	36,0	7,5	21	25,9	4,9	19
	1.IX	21,7	3,1	14	16,3	1,1	7
	8.X	43,9	3,6	8	36,7	3,8	10
	9.V	53,4	7,7	14	44,0	5,2	12
	1.VI	41,1	5,1	12	29,3	5,2	18
	1.VII	44,5	5,1	12	36,5	3,5	10
	4.VIII	38,5	4,4	11	31,2	2,6	8
	1.IX	24,1	4,6	19	18,1	4,3	24
	8.X	53,6	10,4	20	37,6	3,0	8

няком 78 лет, расположенным в непосредственной близости к ельнику<sup>1</sup>.

Весной в ельнике, как указывалось выше, почва влажнее, чем в сосняке, в сухие периоды (обычно летом) она значительно суше. По-видимому, это определяется тем, что: 1) сосновая культура получает зимних и летних осадков больше, чем еловая, а расходует меньше - расход влаги на транспирацию, по данным О.Н. Солнцевой (Дылис и др., 1973), в культуре сосны 235 мм/га за вегетационный период, а в культуре ели - 285; 2) летние осадки больше задерживаются кронами ели, чем сосны; 3) большая часть со-суших корней ели сосредоточена в поверхностном (10-20 см) слое почвы, а у сосны равномерно распределена по профилю. Корневая система в сосняке использует влагу не только поверхностных слоев (Дылис и др., 1973).

<sup>1</sup> Подробная характеристика особенностей этих биогеоценозов приведена в статье Н.В. Дылиса и др. (1973).

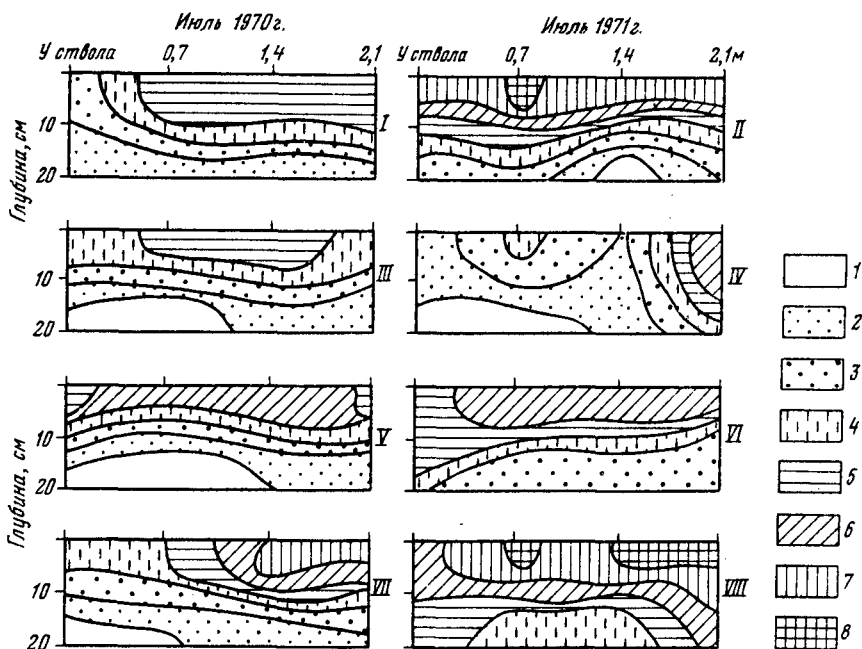


Рис. 7. Топоизоплеты влажности почвы по радиусу от ствола дерева I, II – сосняк лещиново-хвощово-лютиковый 78 лет; III-IV – ельник лещиново-костянично-кисличный; V, VI – березняк волосистоосоковый 50 лет; VII-VIII – березняк волосистоосоковый 85 лет. Условные обозначения 1-8 см. на рис. 6

Сравнение режима влажности почв березняков разного возраста показывает, что влаги в течение периода наблюдений под молодым березняком содержится больше, чем под 85-летним. Ход влажности почв под сосняками разного возраста отличается более резкими колебаниями ее по сезонам в почвах молодых посадок по сравнению с почвами старых насаждений, где амплитуда колебаний не превышает 10%. Это свидетельствует о различиях в водном режиме почв, связанных с изменением потребления влаги с возрастом древостоя, а также с особенностями физической среды, создаваемой самими биогеоценозами.

Описание режима влажности почв, представленное выше, основывалось на средних для парцеллы значениях – средних данных из определений, взятых в различных зонах парцеллы, нередко значительно отличающихся друг от друга. Варьирование влажности в пространстве (для одного срока) было установлено давно (Измаильский, 1894). П.А. Некрасов (1928) определил изменчивость влажности дерново-подзолистой суглинистой почвы (для слоя 0-20 см) в 13-25%, И.С. Васильев (1950) – в слое 0-25 см – 14-20%, Н.А. Взнуздаев (1972) в пределах одного биогеоцено-

Таблица 18

Варьирование влажности дерново-подзолистой почвы во времени и пространстве (%)

Тип леса	Год	Зона	Глубина, см			
			0-5		5-10	
			$V_1^*$	$V_2$	$V_1$	$V_2$
Сосняк						
20 лет	1970	Парцелла	27	16	24	16
60 лет	1970	в целом	15	14	19	10
78 лет	1970	То же	28	15	19	16
Липняк	1970	"	39	16	36	11
Ельник	1970	"	58	22	40	13
Сосняк	1971	"	19	12	17	14
78 лет		У ствола	19	18	23	7
		0,7 м	24	14	14	12
		1,4 м	16	11	19	17
		2,1 м	20	14	20	11
Ельник	1971	Парцелла в целом	45	17	36	16
		У ствола	50	9	46	18
		0,7 м	50	18	34	11
		1,4 м	27	12	38	9
		2,1 м	47	9	29	11
Березняк	1971	Парцелла в целом	26	18	27	11
50 лет		У ствола	29	10	26	6
		0,7 м	27	6	28	8
		1,4 м	32	10	29	12
		2,1 м	26	12	29	9
85 лет	1971	Парцелла в целом	32	14	30	13
		У ствола	33	14	17	10
		0,7 м	34	9	17	6
		1,4 м	19	17	18	15
		2,1 м	26	7	18	6
Сосняк	1972	Парцелла в целом	43	18	32	11
78 лет		То же	61	11	48	11
Ельник	1972	"	29	15	38	11
Березняк	1972	"	41	18	27	13
50 лет	1972	"	29	15	38	11
85 лет	1972	"	41	18	27	13

\*  $V_1$  - коэффициент вариации, характеризующий изменчивость во времени,  $V_2$  - то же, в пространстве.

за - от 7 до 23%. В.И. Савич (1971) установил предел изменчивости влажности почвы до 30%, на стационарных площадках - до 10%.

По нашим данным, влажность почвы под различными типами леса в парцеллах варьирует в широких пределах: от 8 до 24%, больше всего в ельниках - 14-23%, меньше - в сосняках и березняке 85 лет, где наиболее характерны коэффициенты вариации 9-18%. В сухие периоды почва особенно неоднородна по влажности. В ельнике велико варьирование и весной (табл. 17).

Заметно различается влажность почв и по зонам парцелл (рис. 7). Закономерное изменение влажности по мере удаления от ствола дерева отмечали Л.С. Травникова (1961) и Дуглас (Douglass, 1960). Как правило, почва суше в стволовой зоне (0-40 см от ствола) и на расстоянии 1-1,5 м от стволов. Наши данные близки к результатам Л.О. Карпачевского и др. (1971). Вследствие большого варьирования влажности в зонах парцеллы статистически эти различия недостоверны; исследование же причин варьирования влажности в пространстве с помощью информационных методов позволило установить, что среди факторов, определяющих изменчивость влажности в пределах парцеллы, ведущим является "расстояние от ствола дерева" (Пузаченко и др., 1970; Взмундаев, 1972). Далее по влиянию располагаются такие параметры, как моховой покров, сомкнутость крон, густота травостоя.

Варьирование влажности почв во времени в 1,5-2 раза выше, чем изменчивость ее в пространстве (табл. 18). Для горизонта  $A_1$  (0-5 см) коэффициент вариации, характеризующий временную изменчивость влажности, колеблется от 15 до 60%, для горизонта  $A_1A_2$  (5-10 см) - 20-40%. Минимальные значения относятся к почве под сосняком 60 лет, максимальные - под ельником. Наибольшая амплитуда колебаний влажности в  $A_1$  присуща почвам участков, удаленных на расстояние 1,4-2,1 м от ствола дерева, а в  $A_1A_2$  по условиям влажности в течение периода наблюдений наиболее различаются по сезонам почвы стволовых зон.

При рассмотрении сезонной динамики влажности почв различных типов биогеоценозов обнаруживается, что характер ее изменчивости связан с типом леса, а в пределах парцеллы - с влиянием эдификатора парцеллы: почвы участков парцеллы, удаленные на разное расстояние от ствола дерева, отличаются между собой по амплитуде колебаний влажности в течение вегетационного периода.

**ДИНАМИКА СВОЙСТВ ВЕРХНИХ ГОРИЗОНТОВ ( $A_1$ ,  $A_1$ ,  $A_2$ )  
ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ  
ПОД ЛИСТВЕННЫМИ И ХВОЙНЫМИ ЛЕСАМИ****ЗАПАС И СОСТАВ ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ**

Лесная подстилка в настоящее время рассматривается многими учеными как особый биогеоценотический компонент, горизонт интенсивной деятельности растительности и животного населения вследствие высокой концентрации в нем элементов питания, чьи энергетические ресурсы влияют на развитие всего биогеоценоза (Зонн, 1964). Наиболее активно воздействует она на физические и химические свойства почвы, в значительной степени определяя направление почвообразующего процесса.

Определение запасов подстилки по сезонам и ее фракционного и химического состава и сравнение этих показателей дает некоторое представление о скорости биохимических процессов в биогеоценозе, о количестве высвобождающихся при разложении подстилки зольных элементов, составляющих основной резерв питательных веществ для растений.

В данном разделе мы рассматриваем особенности изменчивости запасов и состава подстилки на исследуемых участках доминирующих парцелл сосняка 78 лет, ельника и березняка разного возраста в течение вегетационного периода 1971 г. Для сравнения запасов подстилки в исследуемых лесах мы приводим данные на 1 сентября 1971 г., согласно которым (запас подстилки в ельнике 0,78 кг/м<sup>2</sup>, сосняке 0,51, березняке 85 лет 0,43, березняке 50 лет 0,26 кг/м<sup>2</sup>), в хвойных лесах накопление подстилки в 2 раза выше, чем в лиственных. Особенно велики различия в запасах подстилки в летнее время, когда, например, в ельнике ее масса в 3-4 раза больше, чем в березняках.

В пределах парцеллы подстилка распределяется неравномерно, что ранее отмечалось в литературе (Травникова, 1961; Винокуров и др., 1964; Карпачевский и др., 1968; и др). Около стволов мощность ее максимальна как в хвойных, так и в лиственных лесах во все периоды наблюдений (рис. 8). В сосняке, ельнике и старом березняке масса подстилки резко убывает к периферии кроны, а в 50-летнем березовом лесу - несколько увеличивается. Такие различия наиболее отчетливы летом, особенно вначале (июнь) - в период интенсивной минерализации подстилки, период максимальной биологической активности почв (Зюгин и др., 1970). В связи с различиями в гидротермических условиях на разных участках парцеллы скорость минерализации не может быть одинаковой. Разная скорость разложения вместе с неравномерным распределением опада на поверхности почвы и обуславливает различия в мощности подстилки по радиусу от ствола дерева.

Разложение подстилки определяет варьирование ее запасов во

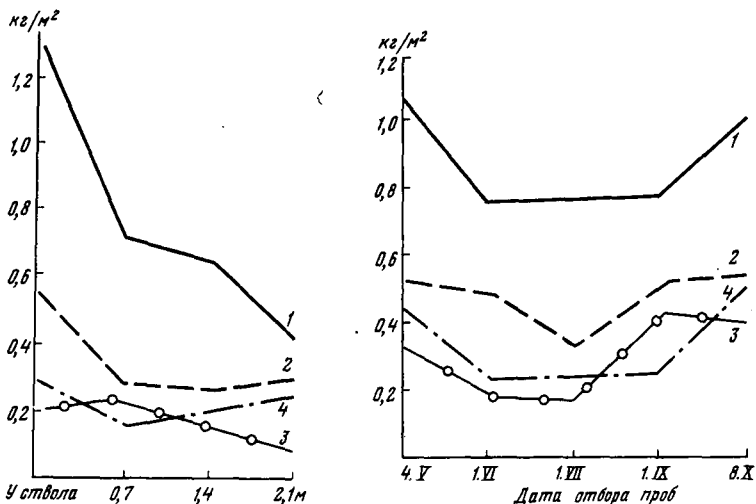


Рис. 8. Распределение лесной подстилки по радиусу от ствола дерева в июле 1971 г.

1 - ельник; 2 - сосняк 78 лет; 3 - березняк 85 лет; 4 - березняк 50 лет

Рис. 9. Динамика запасов лесной подстилки в 1971 г.

1 - ельник; 2 - сосняк 78 лет; 3 - березняк 85 лет; 4 - березняк 50 лет

времени. Данные по сезонам (рис. 9, табл. 19) показывают существенность этих колебаний. Временное варьирование, как правило, меньше пространственного, особенно в хвойных лесах, хотя и характеризуется значительными величинами (в еловом лесу колебания запасов подстилки во времени - 18%, в пространстве - 51%, в сосняке соответственно 20 и 50%).

В березняке 85 лет изменчивость запасов во времени мало отличается от пространственной и характеризуется значительными величинами - 46-52%.

Минимальный запас подстилки в березняке 85 лет и сосняке определен в середине лета, в ельнике - осенью. В ельнике значительная доля опада поступает на поверхность почвы в зимний период, когда процессы разложения замедлены. Поскольку при определении запасов подстилки не отделялся свежий опад, а данные по количеству опада в исследуемых лесах отрывочны, сравнение наших данных по массе подстилки с количеством опада не дает удовлетворительных результатов для объективной оценки и сравнения интенсивности разложения органического вещества в изучаемых типах леса.

Наиболее четко сезонная изменчивость запасов подстилки выражена в березняках, менее - в ельнике, что свидетельствует о раз-

Таблица 19

Запас подстилки в доминирующих парцеллах различных типов леса по сезонам 1971 г. (кг/м<sup>2</sup>)

Тип леса	Зона, м	Дата взятия пробы									
		4.V		1.VI		1.VII		1.IX		8.X	
		$M \pm m$	V, %	$M \pm m$	V, %	$M \pm m$	V, %	$M \pm m$	V, %	$M \pm m$	V, %
Сосняк леши- нско-хвощо- во-лютиковый 78 лет	У ствола	0,70±0,40	85	0,57±0,12	38	0,54±0,12	35	0,89±0,07	14	0,87±0,04	8
	0,7 м	0,48±0,08	30	0,49±0,10	34	0,28±0,07	40	0,48±0,14	50	0,47±0,10	36
	1,4 м	0,43±0,01	7	0,45±0,03	13	0,26±0,05	30	0,32±0,10	50	0,47±0,12	45
	2,1 м	0,48±0,05	17	0,43±0,15	59	0,29±0,10	62	0,34±0,15	79	0,36±0,05	25
	Парцелла в целом	0,46±0,06	26	0,44±0,03	14	0,27±0,08	56	0,35±0,16	91	0,41±0,14	65
Ельник ле- щиново-кос- тянично-кис- личный 96 лет	У ствола	1,39±0,20	22	0,94±0,16	23	1,30±0,30	39	1,05±0,60	94	1,63±0,30	31
	0,7 м	1,04±0,20	33	0,54±0,10	33	0,70±0,05	13	0,73±0,06	15	1,32±0,41	53
	1,4 м	0,90±0,07	13	0,62±0,21	61	0,64±0,13	49	0,69±0,08	22	0,69±0,18	45
	2,1 м	0,92±0,04	6	0,93±0,02	2	0,40±0,08	30	0,63±0,24	54	0,38±0,22	82
	Парцелла в целом	0,92±0,14	30	0,78±0,10	27	0,66±0,20	30	0,66±0,14	41	0,58±0,37	129
Березняк волосисто- осоковый 85 лет	У ствола	0,34±0,06	38	0,22±0,02	23	0,20±0,06	65	0,38±0,08	42	0,44±0,06	27
	0,7 м	0,39±0,09	49	0,21±0,03	29	0,23±0,06	52	0,46±0,14	61	0,54±0,02	8
	1,4 м	0,29±0,05	31	0,24±0,06	54	0,16±0,04	50	0,60±0,19	63	0,40±0,04	18
	2,1 м	0,30±0,03	17	0,10±0,01	20	0,08±0,01	25	0,30±0,04	27	0,24±0,01	8
	Парцелла в целом	0,30±0,03	20	0,15±0,04	53	0,12±0,04	67	0,41±0,06	32	0,32±0,08	50
Березняк волосис о- осоковый 50 лет	У ствола	0,70±0,03	71	0,23±0,02	13	0,29±0,07	48	0,46±0,13	49	0,52±0,08	29
	0,7 м	0,32±0,01	41	0,20±0,04	35	0,17±0,04	41	0,24±0,02	21	0,41±0,02	10
	1,4 м	0,38±0,01	13	0,27±0,04	26	0,21±0,02	19	0,16±0,03	38	0,62±0,09	29
	2,1 м	0,33±0,03	15	0,26±0,03	23	0,25±0,06	44	0,18±0,02	22	0,51±0,05	20
	Парцелла в целом	0,34±0,10	62	0,23±0,02	13	0,18±0,04	44	0,18±0,08	94	0,53±0,04	15



Таблица 20

Фракционный состав подстилки по сезонам 1971 г. (%)

Месяц	Хвоя	Ветки	Кора	Шишки	Листья	Трава	Валек	Труха
Сосняк лешиново-хвошово-лотиковый								
Май	16,3	18,0	9,9	7,6	6,7	1,0	3,9	36,6
Июль	12,4	18,5	8,3	4,8	1,1	1,8	-	53,1
Октябрь	16,9	22,7	11,6	3,8	17,9	1,3	-	25,8
Среднее за сезон	16,7	18,8	12,9	6,9	6,1	1,4	4,2	33,0
Ельник лешиново-костянично-кисличный								
Май	14,7	8,3	0,9	7,7	0,9	0,3	-	67,1
Июль	19,0	12,8	0,6	7,8	1,5	0,5	-	57,8
Октябрь	13,4	11,1	0,3	24,3	1,3	0,6	-	49,0
Среднее за сезон	16,3	12,7	0,8	14,4	1,3	0,9	1,1	52,5

Таблица 20 (окончание)

Месяц	Листья березы	Листья осины	Листья дуба	Осока	Ветки	Кора	Недифференцированные листья	Трава	Валек	Труха
Березняк волосистоосоковый 85 лет										
Май	22,6	3,4	3,2	17,4	21,3	0,5	-	0,2	0,5	30,9
Июль	11,9	4,7	3,3	28,0	27,0	-	-	-	-	25,1
Октябрь	32,6	9,4	8,8	7,3	22,2	0,3	-	0,9	-	18,5
Среднее за сезон	19,6	5,0	5,3	15,7	24,7	1,0	-	1,5	2,2	25,0
Березняк волосистоосоковый 50 лет										
Май	22,7	24,3	1,1	6,4	21,8	-	2,1	-	0,4	21,2
Июль	11,9	10,0	-	8,3	39,0	-	-	-	-	31,0
Октябрь	28,4	25,8	0,9	1,9	29,0	-	6,4	-	-	7,2
Среднее за сезон	18,8	17,4	1,0	5,9	35,4	-	3,4	-	-	18,1

Таблица 21

Содержание некоторых зольных элементов во фракциях лесной подстилки по сезонам 1971 г. (% на сухое вещество)

Фракция	Са				Mg			
	9.V	1.VI	1.VII	8.X	9.V	1.VI	1.VII	8.X
Сосняк лешиново-хвошово-лютиковый 78 лет								
Хвоя	0,48	0,88	0,54	0,56	0,09	0,07	0,03	0,11
Ветки	1,04	1,18	0,78	0,60	0,24	0,07	0,08	0,10
Кора	1,72	1,03	1,29	1,44	0,16	0,11	0,09	0,05
Шишки	0,63	0,21	0,26	0,26	0,13	0,01	0,05	0,22
Труха	0,72	0,74	1,14	0,74	0,25	0,10	0,08	0,06
Ельник лешиново-костянично-кисличный								
Хвоя	1,72	1,67	1,92	1,96	0,13	0,10	0,08	0,02
Ветки	0,66	0,94	0,81	0,91	0,13	0,04	0,02	0,05
Шишки	0,28	0,29	0,39	0,44	0,10	0,10	0,33	0,08
Труха	1,40	1,54	1,14	2,28	0,35	0,17	0,11	0,13
Березняк волосистоосоковый 85 лет								
Листья березы	1,29	1,05	0,98	1,49	0,59	0,31	0,17	0,33
Ветки	0,61	0,90	0,38	0,21	0,10	0,20	0,09	0,03
Осока	0,51	0,37	0,42	0,86	0,43	0,31	0,20	0,16
Труха	0,85	1,29	1,57	0,93	0,62	0,33	0,27	0,05
Березняк волосистоосоковый 50 лет								
Листья березы	0,90	0,71	1,28	0,14	0,25	0,15	0,24	0,13
Листья осины	1,50	1,68	1,42	1,52	0,25	0,16	0,19	0,24
Ветки	0,82	0,40	0,95	1,26	0,10	0,04	0,08	0,10
Осока	0,72	0,79	0,73	0,81	0,10	0,10	0,08	0,03
Труха	1,78	1,54	1,59	1,39	0,35	0,57	0,23	0,37

ной интенсивности биологического круговорота в указанных типах леса. Вычисленный процент потери массы подстилки (в парцелле в среднем) за вегетационный период в результате ее разложения (по отношению к осеннему запасу подстилки) позволил определить период наиболее активной ее минерализации – май–июнь. За этот период в сосняке разложилось 37%, в ельнике – 28, березняках – 56% массы подстилки. В ельнике весной запасы подстилки были несколько выше осенних. Наши данные по разложению подстилки в природных условиях согласуются с результатами К.М. Смирновой (1956), определившей потери подстилки в хвойных зеленомошных лесах Подмосквья за год в 20–28%. В ельниках землянично-пролескового типа в Эстонии скорость разложения органического вещества изменялась от 19 до 33% в зависимости от почв (Арвисто, Рейнтам, 1971).

Анализ динамики запасов подстилки по зонам парцелл показал различия в интенсивности разложения и сроках наиболее активной минерализации по радиусу от ствола дерева. В еловом лесу и березняке 85 лет выделяются две зоны активной минерализации – 0,7 и 2,1 м от стволов деревьев, в молодом березняке – 1,4 м.

Р				К				А1			
9.V	1.VI	1.VII	8.X	9.V	1.VI	1.VII	8.X	9.V	1.VI	1.VII	8.X
Сосняк лешиново-хвошово-лутиковый 78 лет											
0,01	0,08	0,06	0,05	0,06	0,16	0,09	0,10	0,09	0,11	0,05	0,08
0,07	0,05	0,04	0,04	0,05	0,07	0,07	0,08	0,13	0,07	0,05	0,05
0,03	0,04	0,05	0,04	0,02	0,04	0,07	0,15	0,16	0,10	0,10	0,13
0,07	0,01	0,03	0,02	0,08	0,01	0,16	0,03	0,23	0,03	0,08	0,09
0,08	0,05	0,10	0,06	0,09	0,06	0,21	0,11	0,37	0,11	0,18	0,11
Ельник лешиново-костянично-кисличный											
0,17	0,08	0,07	0,09	0,09	0,08	0,10	0,08	0,14	0,09	0,08	0,12
0,05	0,07	0,06	0,07	0,06	0,09	0,06	0,11	0,14	0,06	0,06	0,07
0,03	0,05	0,06	0,05	0,03	0,02	0,13	0,11	0,10	0,04	0,07	0,04
0,23	0,07	0,01	0,13	0,20	0,08	0,13	0,16	0,64	0,34	0,51	0,35
Березняк волосистоосоковый 85 лет											
0,14	0,10	0,02	0,14	0,14	0,12	-	0,27	0,14	0,11	0,13	0,06
0,10	0,07	-	0,02	0,06	0,09	0,04	0,03	0,06	0,09	0,04	0,03
0,07	0,09	0,02	0,17	0,10	0,17	0,23	0,35	0,21	0,20	0,23	0,46
0,11	0,16	0,03	0,12	0,18	0,27	0,20	0,20	0,59	0,29	0,48	0,25
Березняк волосистоосоковый 50 лет											
0,12	0,07	0	0,12	0,17	0,08	0,18	0,30	0,16	0,10	0,23	0,07
0,12	0,13	0,01	0,14	0,16	0,16	0,41	0,46	0,10	0,10	0,09	0,09
0,04	0,12	0	0,04	0,10	0,04	0,07	0,13	0,05	0,01	0,03	0,03
0,05	0,13	0,08	0,02	0,12	0,24	0,18	0,07	0,38	0,35	0,04	0,05
0,14	0,13	0,02	0,07	0,27	0,17	0,18	0,33	0,56	0,30	0,33	0,23

В сосняке 78 лет такие различия не выражены и на всех участках разлагается от 35 до 40% массы подстилки за вегетационный сезон. В приствольных зонах парцелл, как правило, разложение подстилки идет наиболее интенсивно в мае, а на участках, удаленных от ствола на 1,4-2,1 м, этот процесс продолжается до поступления нового опада.

Естественно, что скорость разложения подстилки связана с качеством материала, ее формирующего (табл. 20). Подстилки хвойных и лиственных лесов резко отличны между собой. При сравнении осенней подстилки выявляется, что в сосняке на 1/3, а в ельнике на 1/2 она состоит из трухи - полуразложившихся органических остатков, а в березняках 50% осенней подстилки составляют листья. Последние представляют собой наиболее легкоразлагаемую фракцию, а высокая доля трухи в подстилках хвойных лесов указывает на замедленные темпы ее разложения. Соотношение трухи и общего веса подстилки является показателем интенсивности ее разложения (Василевская, 1958).

Судить о динамике массы отдельных фракций в подстилке трудно, поскольку распределение ее в пространстве очень неравномерно.

Для получения удовлетворительной точности целесообразно отбирать учитываемые фракции с разной повторностью (Карпачевский, 1973). Для веток, например, при точности 20% и вероятности 0,90 нужна 33-кратная повторность. Количество образцов, отобранных нами, позволяет судить о колебаниях относительного содержания хвои и листьев, доля которых летом заметно уменьшается, при этом увеличивается содержание труднорастворяемых фракций, например веток.

Во фракционном составе подстилки по радиусу от ствола дерева наблюдаются различия в сосняке и березняках. Так, в сосняке большую долю в подстилке у ствола составляют труха (39%), кора (18%) и ветки (16%), а хвоя – 14%. На расстоянии 1,4 и 2,1 м соотношение указанных фракций меняется: количество трухи и коры уменьшается (соответственно 25 и 10%), веток и хвои – увеличивается (соответственно 24 и 23%). В березняках по мере удаления от ствола увеличивается относительное содержание листьев. Так, в березняке 85 лет осенью у ствола участки листьев березы в подстилке составляет 29%, на расстоянии 2,1 м – 44%; весной соответственно 6 и 23%; в березняке 50 лет осенью – 10 и 25%, а весной – 17 и 24%. К июлю эта разница сохраняется при изменении общей массы подстилки более чем в 2 раза.

Разнокачественность материала подстилок лиственных и хвойных лесов обуславливает их различный химический состав, поскольку фракции ощутимо различаются по химическим свойствам (табл. 21).

Наибольшая зольность характерна для фракции трухи в подстилках всех лесов. Далее следуют хвоя и листья, а в сосновой подстилке – кора, где консервируется значительное количество минеральных веществ. Беднее всего зольными элементами ветки и шишки у хвойных пород.

Что касается анализируемых элементов химического состава подстилок, больше всего Са в подстилках хвойных лесов в трухе, хвое ели и коре сосны; хвоя сосны в подстилке беднее хвои ели более чем в 2 раза. В лиственных лесах больше всего Са в трухе и в листьях. Показательно, что в живых листьях содержание Са почти вдвое выше, чем в листьях подстилки, а в хвое ели Са, наоборот, накапливается. Хвоя сосны в подстилке немногим отличается по содержанию Са от живой, то же можно сказать и о ветках хвойных пород (табл. 22).

По содержанию Са живые ветки сосны и ели незначительно отличаются от хвои. Еловая хвоя подстилок вдвое богаче Са, чем ветки, а в сосновых ветках его больше, чем в хвое сосны. Указанные различия дают возможность предположить, что еловая хвоя разлагается медленно, консервируя Са, а ветки, среди которых большая часть тонких, быстро теряют его при разложении. По данным Л.М. Носовой (устное сообщение), тонкие ветки ели представляют собой активно разлагающуюся фракцию. Сосновая хвоя разлагается быстрее веток, в последних содержание Са увеличивается по мере разрушения. В лиственных лесах количество Са в листьях

Таблица 22

Содержание некоторых зольных элементов в живом растительном материале (% на сухое вещество)

Фракции	Ca	Mg	Al	P	K
Хвоя сосны 2, 3, 4 года	0,82	0,19	0,04	0,09	0,31
Ветки сосны	0,98	0,19	0,05	0,07	0,22
Хвоя ели 2, 3, 4 года	0,99	0,39	0,02	0,09	0,33
Ветки ели	0,91	0,12	0,03	0,07	0,20
Листья березы в 50-летнем березняке	1,51	0,89	0,05	0,17	0,82
Ветки березы	0,96	0,19	0,01	0,06	0,18
Листья осины	2,37	0,48	0,03	0,14	1,05
Ветки осины	1,67	0,48	0	0,13	0,39
Листья березы в 85-летнем березняке	1,87	0,68	0,05	0,18	0,96
Ветки березы	0,68	0,10	0,01	0,02	0,10
Осока	0,84	0,40	0,04	0,18	1,91

намного превышает его содержание в ветках как живых, так и входящих в состав подстилки.

Содержание Mg во всех фракциях подстилок во много раз меньше количества Ca, однако особенности распределения этих элементов по фракциям в основном сходны. Так, в трухе Mg, так же как и Ca, содержится больше, чем в других фракциях.

Во фракции трухи лесных подстилок больше всего и Al. В осоковых березняках много Al накапливается в осоке, а в ельнике и в хвое. Меньше всего его в листьях подстилок березовых лесов.

Основываясь на данных среднего состава подстилки, изучаемые элементы по содержанию их в подстилках исследуемых лесов можно расположить следующим образом:

Сосняк - Ca > Al > Mg > K > P

Ельник - Ca > Al > Mg > P > K

Березняки - Ca > Mg > Al > K > P

На Ca в составе листовых подстилок всех лесов приходится более половины суммы зольных элементов, а в хвойных - 70-80% их общего количества.

Зольный состав лесной подстилки заметно изменяется в течение года (Смирнова, 1956; Розанова, 1960; Карпачевский и др., 1972; Казимиров, Морозова, 1974).

Наши исследования показали, что наиболее изменчиво в подстилках содержание фосфора в связи с высокой миграционной способностью этого элемента. По степени подвижности его можно сравнить только с калием. Подстилка обогащается P осенью в связи

Таблица 23

Содержание некоторых зольных элементов в подстилке доминирующих парцелл в различных типах леса (г/см<sup>2</sup>)

Тип леса	Дата взятия пробы	Са .		Mg	
		M ± m	V, %	M ± m	V, %
Сосняк лещиново-хво- щово-лютиковый 78 лет	9.V	3,52±1,00	57	1,00±0,29	59
	1.VI	4,38±0,44	20	0,41±0,04	19
	1.VII	2,44±0,19	16	0,20±0,06	25
	1.IX	2,66±1,64	123	0,25±0,06	24
	8.X	3,90±1,37	70	0,44±0,10	23
Ельник лещиново- костянично-кисличный	9.V	12,82±1,05	16	2,81±0,20	14
	1.VI	9,43±1,22	26	0,94±0,11	23
	1.VII	5,90±2,69	91	0,48±0,09	38
	1.IX	7,08±2,36	67	0,48±0,15	60
Березняк волосисто- осоковый 85 лет	9.V	2,92±0,28	20	1,47±0,08	10
	1.VI	1,33±0,38	56	0,44±0,08	39
	1.VII	1,06±0,32	59	0,25±0,06	48
	1.IX	3,57±0,83	46	0,48±0,08	33
Березняк волосисто- осоковый 50 лет	9.V	4,44±0,25	11	0,80±0,03	8
	1.VI	2,52±0,22	18	0,56±0,06	21
	1.VII	2,73±0,33	24	0,37±0,05	27
	1.IX	1,99±0,90	85	0,23±0,08	70
	8.X	7,02±0,84	24	0,84±0,06	15

с поступлением нового опада, в основном за счет фракции листьев, осои и хвои с высоким содержанием фосфора. Весной содержание P в еловой хвое подстилки уменьшается, а в сосновой – несколько увеличивается, в листьях березы – оно равно осеннему; в ветках и коре изменения незначительны, а в трухе хвойных подстилок количество P весной увеличивается.

Кальция в хвое сосны и ели, ветках и трухе хвойных подстилок весной меньше по сравнению с осенью, а в середине сезона его содержание в этих фракциях увеличивается. В березовых лесах в подстилках содержание Са уменьшается летом в листьях, а в трухе в это время несколько увеличивается.

Что касается магния и алюминия, то максимум содержания этих элементов во всех подстилках приурочен к весне, а минимум – к осени, за исключением подстилки в ельнике, где количество Mg и Al уменьшалось в летнее время.

Колебания зольности подстилки и главным образом изменчивость ее запасов по сезонам определяют различия в количестве зольных веществ в подстилке по сезонам (табл. 23). Максимум питательных элементов в молодом березняке приходится на осень в связи с вновь поступившим опадом; в ельнике большие запасы подстилки весной обуславливают увеличение резерва питательных элементов в начале вегетационного периода; в сосняке и старом березняке

P		K		Al		Сумма
$M \pm m$	$V, \%$	$M \pm m$	$V, \%$	$M \pm m$	$V, \%$	
0,28±0,10	68	0,34±0,10	56	1,12±0,37	66	6,26
0,30±0,02	17	0,40±0,03	15	0,52±0,04	15	5,74
0,18±0,06	67	0,31±0,12	80	0,28±0,10	75	3,41
0,22±0,10	91	0,34±0,22	132	0,30±0,19	123	3,77
0,26±0,10	73	0,55±0,18	67	0,66±0,27	82	5,91
1,82±0,15	16	1,53±0,13	17	4,83±0,30	12	23,81
0,54±0,12	46	0,58±0,08	29	1,38±0,12	18	12,87
0,16±0,10	119	0,48±0,28	119	1,87±0,55	59	8,89
0,43±0,12	58	0,62±0,18	58	0,87±0,28	64	9,48
0,46±0,45	196	0,62±0,63	203	0,97±0,98	201	10,23
0,33±0,04	21	0,37±0,04	19	0,87±0,02	3	5,96
0,16±0,04	43	0,24±0,04	38	0,26±0,04	35	2,43
0,03±0,00	-	0,19±0,04	37	0,34±0,07	41	1,87
0,31±0,05	32	0,57±0,06	23	0,40±0,07	35	5,33
0,37±0,06	32	0,71±0,11	31	0,38±0,08	39	5,65
0,36±0,01	6	0,60±0,03	10	0,92±0,06	13	7,12
0,27±0,05	37	0,31±0,04	22	0,36±0,04	25	4,02
0,03±0,00	-	0,31±0,04	22	0,40±0,07	35	3,84
0,14±0,04	64	0,38±0,12	63	0,16±0,08	106	2,90
0,55±0,02	7	1,45±0,05	8	1,46±0,03	13	10,32

содержание зольных элементов в подстилке почти одинаковое, минимальное количество их в подстилках сосняка и березняков приурочено к летним месяцам (июнь-начало июля). К 1 июля подстилка сосняка содержала на 42%, а березняков - на 63-67% зольных элементов меньше, чем осенью. В подстилке ельника к середине лета запас зольных элементов становится на 60% меньше весеннего.

Из подстилки изучаемые элементы выносятся с разной скоростью во всех типах леса, кроме сосняка, где к середине лета убывает примерно одинаковое количество P, Ca, Mg, Al. Для других типов леса по степени выноса количества зольных элементов можно составить следующие ряды:

Березняк волосистоосоковый 50 лет - P > K > Ca > Mg > Al

Березняк волосистоосоковый 85 лет - P > K > Mg > Ca > Al

Ельник лещиново-костянично-кисличный - P > Mg > K > Al > Ca

Колебания в содержании Mg и Al в подстилке по сезонам больше, чем сезонная изменчивость количества Ca. В хвойных лесах количество Al в подстилке изменяется в большей степени, чем в лиственных лесах. Общее количество зольных веществ связано с фракционным составом подстилки и степенью ее разложения, наибольшие сезонные колебания его отмечаются в зонах активной минерализации подстилки.

Анализ динамики запасов и состава подстилки хвойных и лиственных лесов позволяет заключить, что разложение поступающих на поверхность почвы органических остатков различается в указанных типах леса не только по количественным, но и качественным показателям, т.е. выражается не только в различиях общей массы и скорости ее разложения, но и характере выноса химических элементов, образующихся при разложении подстилки. В пределах парцеллы разложение подстилки идет с разной интенсивностью. Для всех типов леса период активной минерализации подстилки приходится на конец весны – начало лета.

### АКТУАЛЬНАЯ КИСЛОТНОСТЬ

*Динамика рН почвы парцеллы (по средним значениям).* В результате 4-летних наблюдений получены следующие данные по сезонной изменчивости реакции почвы (рис. 10–11).

В 1970 г. ход изменения кислотности почвы (горизонты  $A_1$  и  $A_1A_2$ ) (под исследуемыми лесами, кроме липняка, в основных чертах был одинаков: наиболее низкие значения рН отмечались весной (май) и в середине осени (октябрь), небольшое подкисление почвы имело место в середине лета (июль). При одинаковом ходе изменений рН по сезонам в почве под разными типами леса даты максимальных и минимальных значений не всегда совпадают. Так, под ельником наименее кислая реакция почвы отмечалась в июле, в сосняках и березняках – в начале осени. Отличен характер динамики рН в почве под липняком: более высокая кислотность почвы здесь была зафиксирована в летнее время.

Различия в кислотности почвы по сезонам для всех почв достоверны (с вероятностью 0,95), а колебания величин рН составляют от 0,3 (липняк) до 0,8 (сосняк 78 лет) ед. рН в горизонте  $A_1$ .

На глубине 5–10 см ( $A_1A_2$ ) реакция почвы во все сезоны сохраняется более кислой, чем в горизонте  $A_1$ , а изменения ее в течение периода наблюдений повторяют кривую хода динамики в верхнем (0–5 см) слое почвы. Амплитуда колебаний здесь несколько выше: 0,5–0,9 ед. рН.

Данные наблюдений 1971 г. также позволяют отметить общие черты в сезонной динамике рН в горизонтах  $A_1$  и  $A_1A_2$  изучаемых почв: низкие значения рН весной (май) и в самом конце осени; характерно уменьшение кислотности в июне и середине осени. Среди особенностей сезонной изменчивости почвенного раствора в почве различных биогеоценозов отмечается некоторое снижение кислотности почвы под ельником осенью (сентябрь), в то время как в других типах леса к этому периоду приурочены низкие, а иногда и минимальные (березняк 50 лет) значения рН.

Различия в реакции почвенного раствора гумусовых горизонтов по сезонам, как правило, достоверны и составляют 0,2–0,5 ед. рН. В почве сосняка колебания незначительны: заметно снижается кислотность лишь в начале лета.



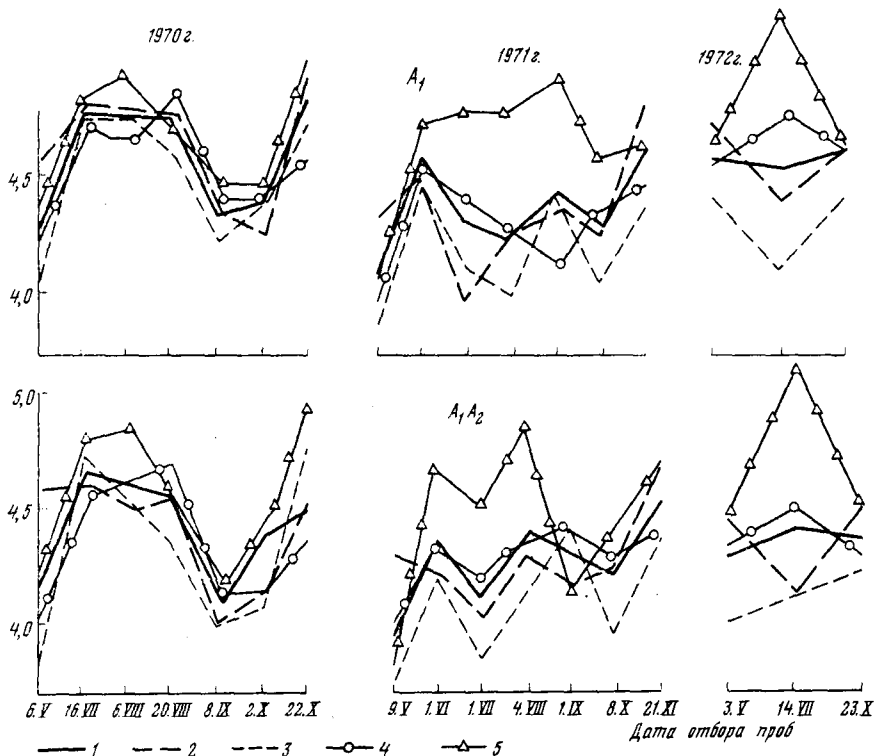


Рис. 10. Динамика рН в горизонтах  $A_1$  и  $A_1A_2$  слабодерново-сильно-подзолистой почвы под ельником лешиново-костянично-кисличным

1 — в парцелле (по средним значениям); 2 — у ствола дерева; 3 — на расстоянии 0,7 м от ствола; 4 — 1,4 м от ствола; 5 — 2,1 м от ствола

График, построенный для 1972 г. по средним для парцеллы значениям, показывает незначительные сезонные колебания кислотности: 0,1–0,2 ед. рН в горизонте  $A_1$ , 0,1–0,3 — в горизонте  $A_1A_2$ . Статистически различия рН почвы по сезонам недостоверны как для горизонта  $A_1$ , так и для  $A_1A_2$ .

Отмеченные выше особенности динамики актуальной кислотности почв различных биогеоценозов в течение вегетационных сезонов трех лет, значительно различающихся погодными условиями, позволяют установить, что: 1) при разных значениях кислотности почв в лиственных и хвойных лесах во всех типах леса в течение одного периода наблюдений рН почвы по сезонам изменяется в основном одинаково; 2) наблюдается разница в амплитуде колебаний рН по годам и смещении сроков их минимумов и максимумов. Так, наибольшие колебания рН в почве были отмечены в 1970 г., сезоны которого четко отличались один от другого, а температура

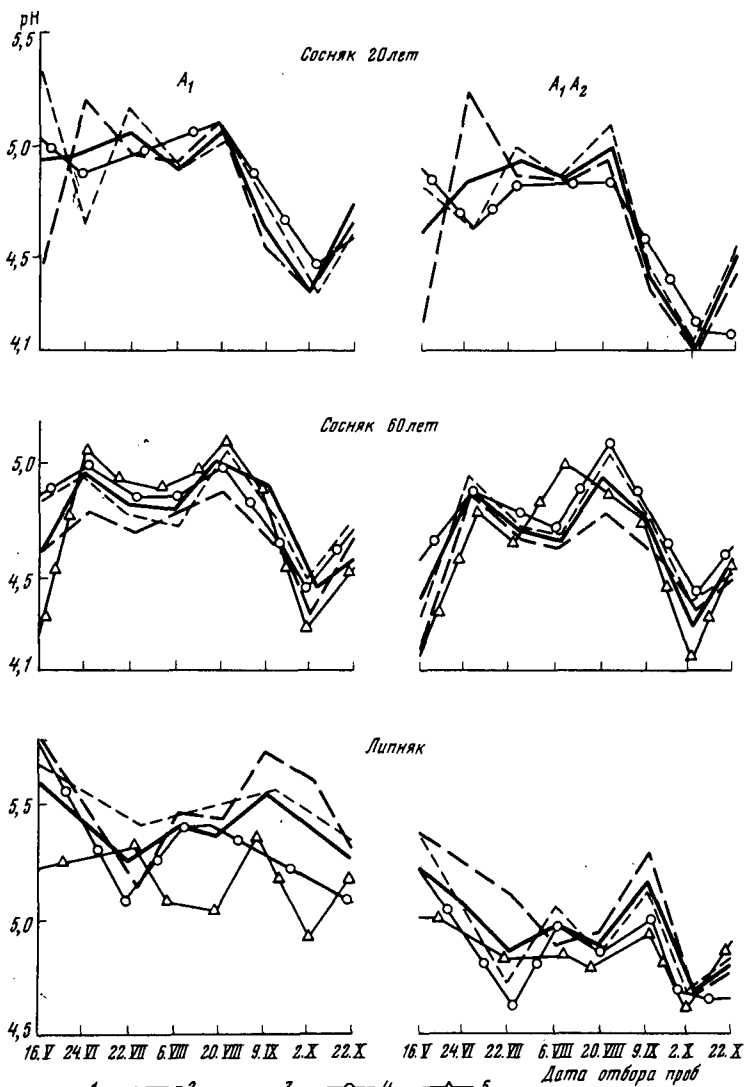


Рис. 11. Динамика рН дерново-подзолистых почв под разными типами леса в 1970 г.

Условные обозначения см. на рис. 10

и количество осадков превышали средние многолетние показатели. В 1971 г. со "средними" погодными условиями вегетационного периода амплитуда колебаний была ниже, хотя общая картина изменений сходна с 1970 г. В сухой 1972 г. средние по парцелле значения рН не показывают реальных изменений актуальной кислотности в течение вегетационного периода.

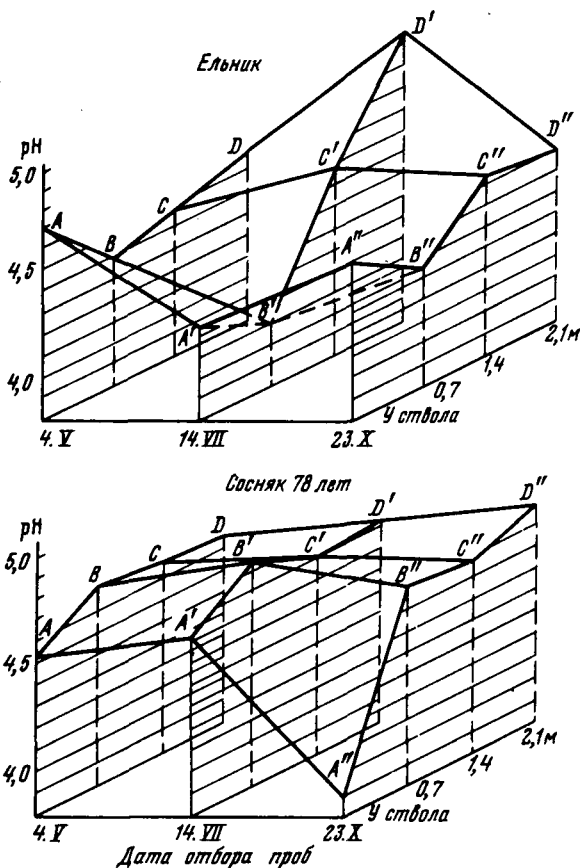


Рис. 12. Динамика рН в горизонте  $A_1$  дерново-подзолистой почвы в 1972 г.  $ABCD$ ,  $A'B'C'D'$ ,  $A''B''C''D''$  – по радиусу от ствола дерева соответственно весной, летом и осенью.  $AA'A''$ ,  $BB'B''$ ,  $CC'C''$ ,  $DD'D''$  – по сезонам в разных зонах парцеллы

*Динамика рН почвы по зонам парцеллы.* Рассмотрение сезонных колебаний реакции почв отдельных участков, или зон, парцелл часто обнаруживает разницу в масштабе и направлении изменений рН почвы этих зон по сравнению с ходом "средней" кривой (см. рис. 10, 11).

Особенно нагляден в этом отношении 1972 г. (рис. 12). Если средняя кривая почти не дает изменений рН по сезонам, то значения реакции почвы ствольных зон и удаленных от ствола на расстоянии 2,1 м отчетливо различаются в течение вегетационного периода. Колебания рН на этих участках составляют в почве под ельником в горизонтах  $A_1$  и  $A_1A_2$  соответственно 0,4 и 0,6 ед.

pH против 0,1 по средним значениям. В почве под сосняком в стволовой зоне различия по сезонам в 8 раз превышают средние по парцелле величины, а сами участки различаются между собой по амплитуде колебаний в 2-3 раза.

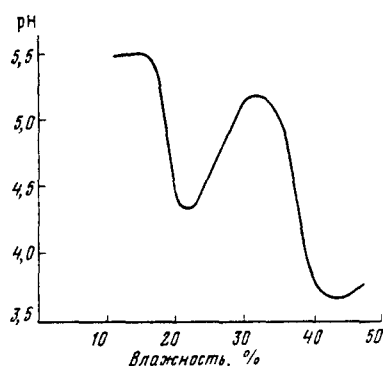
Следует отметить, что изменения pH почв участков парцелл (главным образом хвойных) могут отличаться от средних в парцелле изменений как амплитудой, так и направлением, или рисунком, этих колебаний. Так, в 1972 г. в почве под ельником в стволовой зоне и на расстоянии 0,7 м от стволов в летнее время кислотность уменьшалась, а в периферийных частях (граница проекции кроны) — увеличивалась. В почве под сосняком характер изменений был прямо противоположен. Под березняком в этом же году, а в 1970 и 1971 гг. в почве под всеми исследуемыми лесами ход сезонной динамики pH в основном совпадал с ходом средней кривой, различия состояли лишь в разных масштабах колебаний pH в почве зон парцелл. Как правило, в почвах лиственных лесов большая амплитуда изменений характерна для участков на границе проекции крон 2,1 м, для хвойных — стволовых и удаленных на 2,1 м от стволов.

Описанные выше особенности сезонной динамики pH в почвах парцеллы (в среднем) и по ее зонам показывают, что в лесу в пределах даже небольших участков (например, по радиусу от ствола дерева до границы проекции кроны) значения pH и их колебания во времени существенно различаются. Средние по парцелле значения не дают возможности выявить этот факт.

*Факторы, определяющие изменение pH почвы во времени.* Различия в сезонной динамике кислотности почвы по годам указывают на тесную связь ее с погодными условиями периодов наблюдений. Прежде всего, отмечается зависимость от колебаний влажности почвы, на что указывали почти все авторы, изучающие динамику процессов почвообразования. Одни исследователи наблюдали увеличение кислотности подзолистых почв с уменьшением влажности (Трофимов, 1931; Карпинский, 1952; Смирнова, Глебова, 1958; Jovandič, 1972), другие — снижение кислотности в сухие сезоны (Егорова, 1958; Скрынникова, 1959; Барановская и др., 1969). В.В. Геммерлинг (1927) обнаружил, что в один год (1924) при более низких значениях влажности кислотность почвы была ниже, в другой (1925) — в тех же почвах при той же влажности выше. Боусер и Лит (Bowser, Leat, 1968), устанавливая корреляционные связи реакции почвы с влажностью, не выявили четкой зависимости значений pH от влажности почвы: в один год наблюдений корреляция была довольно высокой, в другой — очень незначительной.

Мы наблюдали подкисление почвы весной и осенью 1970 г. с увеличением влажности почвы во всех типах леса, в 1971 г. осеннее (октябрь) увеличение влажности почвы сопровождалось снижением pH в почве только под еловым лесом. В то же время летом 1970 г. (август) и в 1971 г. (июль, август, сентябрь) почва, как правило, подкислялась. Используя коэффициенты связи

Рис. 13. Характеристика связи рН и влажности дерново-подзолистой почвы (по данным информационного анализа с использованием коэффициента по Генесу)



по Генесу (1967)<sup>1</sup>, позволяющие определить специфичное состояние явления, характерное для каждого ранга параметра, или фактора, мы нашли, что наиболее высокие значения рН (5,3–5,5) характерны для гумусовых горизонтов (0–10 см) исследуемых почв с влажностью более 40% (рис. 13). Однако для интервала влажности 20–40% специфичны как низкие (3,8–4,0), так и высокие (5,0–5,2) величины рН. Из этого следует, что четкого соответствия рН почвы определенным значениям влажности почв нет. По всей видимости, динамика актуальной кислотности почвы определяется не только изменением влажности почвы. Большое значение имеют и другие факторы среды, в частности, совокупность условий тепла и влаги, определяющая интенсивность микробиологической деятельности и скорость разложения подстилки, воздействующей на почву через продукты разложения.

Весной и дождливой осенью, когда тальми или дождевыми водами выносятся из лесной подстилки и горизонта А<sub>1</sub> основания и в почву поступают кислые органические продукты, часто освобождающие Al<sup>3+</sup> из кристаллической решетки, рН, как правило, понижается. Летом, особенно в начале, в результате активной минерализации лесной подстилки зольные вещества частично нейтрализуют кислые продукты разложения и снижают кислотность почвы. Этим, по-видимому, объясняется пик в динамике рН в июне.

Однако понижение рН почвы возможно и летом, когда при высыхании (Small, 1954) или при усиленном потреблении Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> из почвенного поглощающего комплекса и накоплении кислых корневых выделений (Алейникова, 1969) в почвенных растворах увеличивается концентрация ионов водорода и алюминия. Последнее может быть и за счет сильных кислот, образующихся летом при переработке микроорганизмами сравнительно обеззоленного органического материала (Аристовская, 1965). Мы отмечали снижение значений рН летом 1971 г.

Качество подстилок существенно влияет на характер соединений, образующихся в результате ее разложения. Так, при минерализации

<sup>1</sup> См. главу V.

лиственных подстилок образуются соединения менее кислые, чем при разложении хвойных в тех же условиях (Смирнова, 1956).

В течение вегетационного сезона меняются состав и активность соединений, образующихся при разложении подстилки, что влечет за собой колебания почвенной кислотности, зависящей от соотношения в почве количеств кислот и их солей (Абрамова, 1947).

Таким образом, изменение реакции почвы в течение вегетационного периода определяется сложным взаимодействием самых разных факторов внешней среды: климатических, растительности, микробиологической деятельности и др. Как правило, первые из названных играют ведущую роль, определяя особенности фаз развития растительности и характер биохимических процессов в почве.

Поскольку зоны парцеллы, определяемые расстоянием от ствола дерева – эдификатора, отличаются условиями почвообразования (различные влажность и температура почвы, неравномерное распределение подстилки, разная освещенность и т.д.) и свойствами почвы, создаются различия и в сезонном ходе почвенных процессов на этих участках, что выражается, в частности, в разном характере изменчивости рН во времени.

### ОБМЕННЫЙ АЛЮМИНИЙ

*Динамика  $Al^{3+}$  в почве парцеллы (по средним значениям).* Проведенные исследования выявляют следующие особенности сезонных изменений содержания обменного Al в почвах (рис. 14–16).

В течение вегетационного периода 1969 г. летом количество поглощенного алюминия в верхних горизонтах почвы (0–10 см) под сосняками 60, 85 лет и липняком возросло, больше всего – в почве под 60-летней посадкой. Ход динамики обменного Al в почве под молодым сосновым насаждением прямо противоположен: летом здесь отмечается снижение его содержания. Колебания в количестве  $Al^{3+}$  в горизонте  $A_1$  за вегетационный период составляют 1–1,3 мг-экв/100 г почвы (сосняки 20 и 60 лет), в  $A_1A_2$  – 0,4 (сосняк 20 лет) – 2,1 мг-экв (сосняк 60 лет).

В 1970 г. содержание обменного Al в почвах под лиственными лесами и старыми сосняками сохранялось почти одинаковым за период с мая по октябрь (различия статистически недостоверны). В почве под молодой сосновой посадкой количество  $Al^{3+}$  повышалось в октябре, а под сосняком 60 лет – в августе. Различия между сезонами составляют 0,2 (липняк) – 2,1 мг-экв (сосняк 60 лет).

Ход изменения содержания  $Al^{3+}$  в горизонтах  $A_1$  и  $A_1A_2$  в почвах изучаемых биогеоценозов в 1971 г. одинаков: отмечается увеличение его количества летом (июнь, июль) и осенью (октябрь). Наиболее четки различия по сезонам в количестве поглощенного  $Al^{3+}$  в почве под еловым лесом и березняком 85 лет. Для почв 78-летнего сосняка они недостоверны. Колебания количества  $Al^{3+}$  в этом году составляли в горизонте  $A_1$  0,3 (березняк 50 лет) –

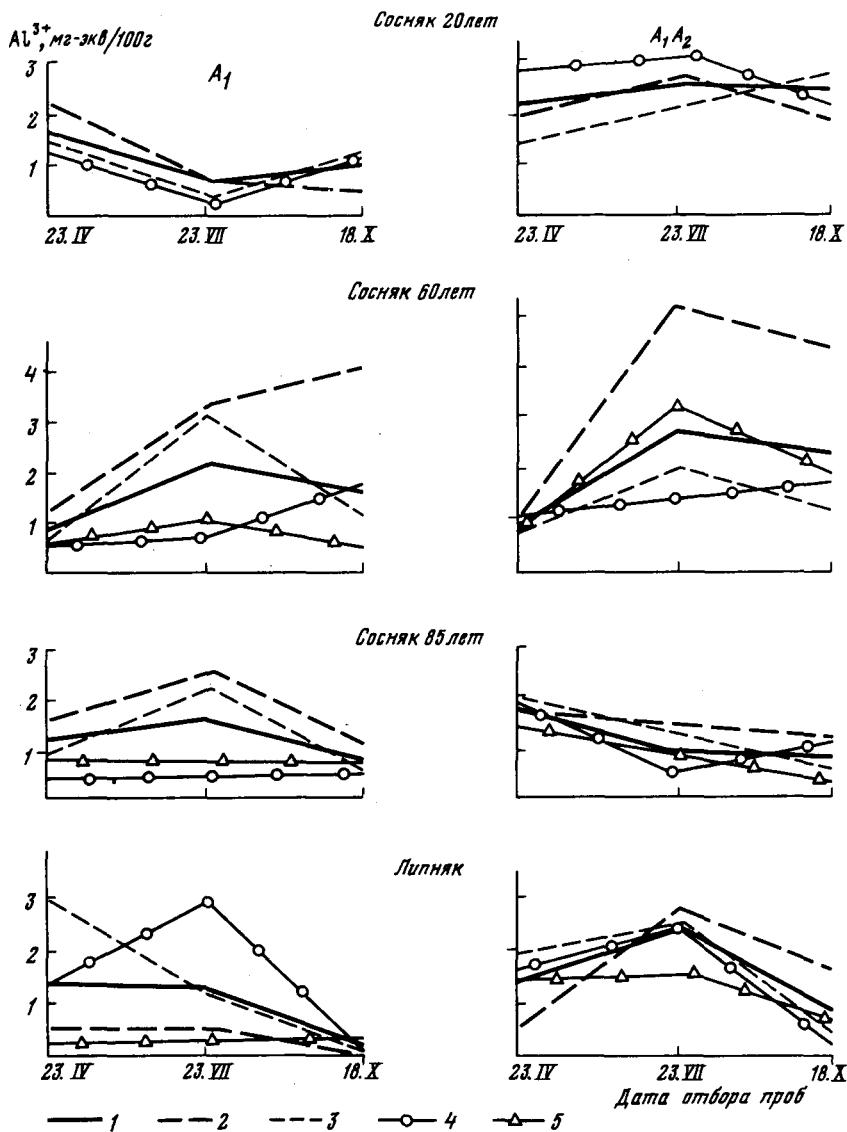


Рис. 14. Динамика обменного алюминия в дерново-подзолистых почвах под разными типами леса в 1969 г.

Условные обозначения см. на рис. 10

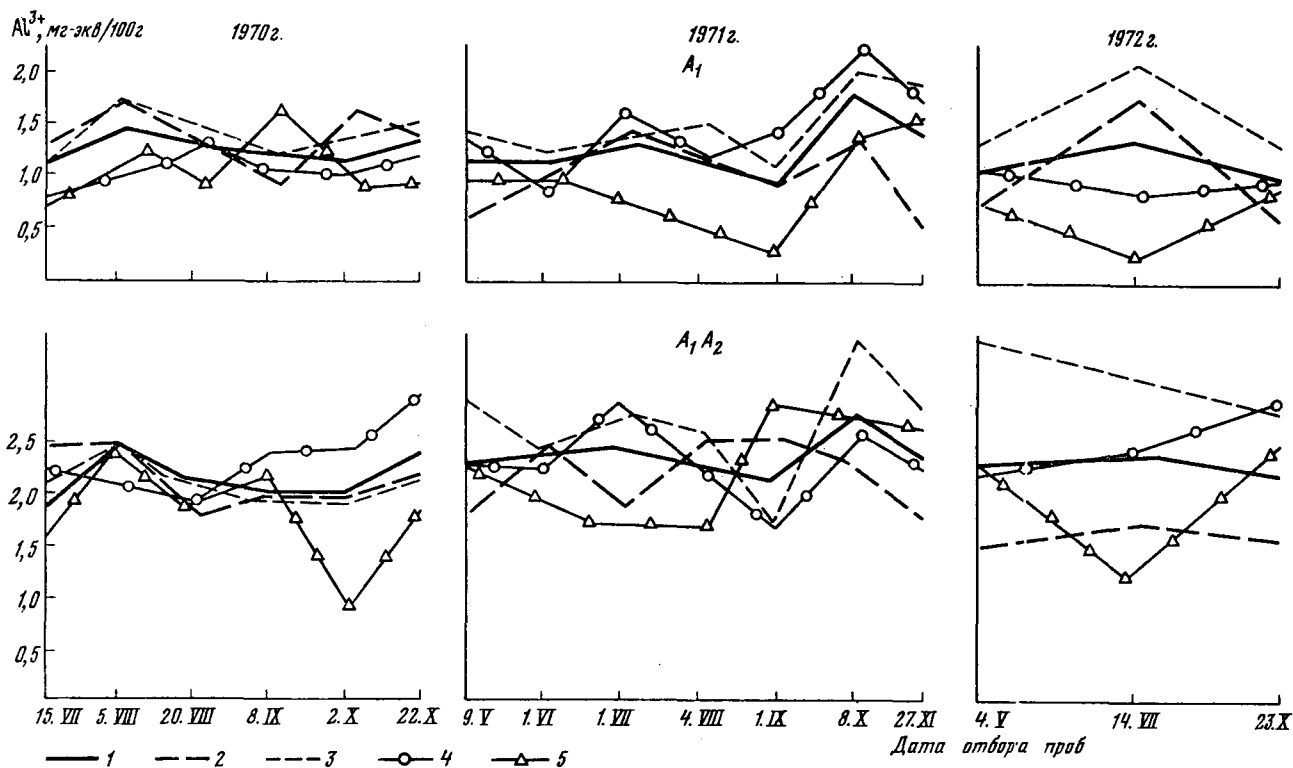


Рис. 16. Динамика обменного алюминия в слабодерново-сильноподзолистой почве под ельником лещиново-костянично-кисличным  
 Условные обозначения см. на рис. 10



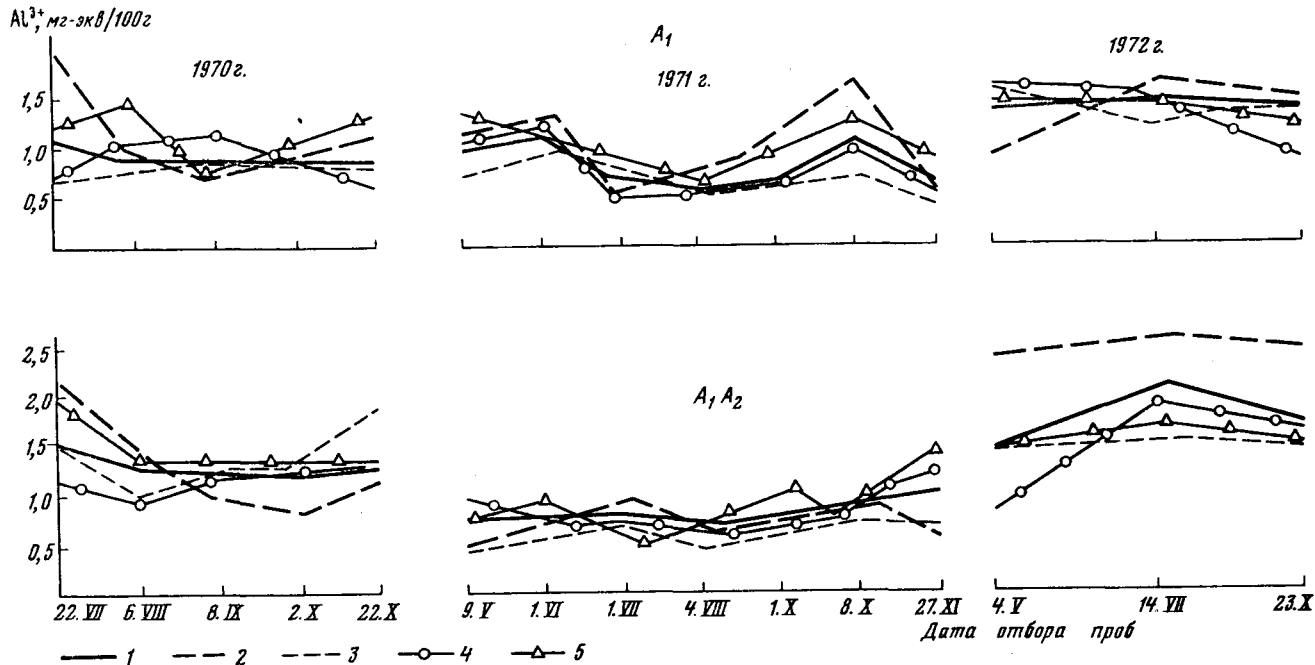


Рис. 15. Динамика обменного алюминия в среднерново-среднеподзолистой почве под березняком волосистоосоковым 85 лет  
 Условные обозначения см. на рис. 10

0,8 (ельник) мг-экв. В горизонте  $A_1A_2$  они имели большую амплитуду, хотя характер изменений был таким же, как в горизонте  $A_1$ : 0,3 (березняк 85 лет) – 1,3 (ельник) мг-экв/100 г почвы.

В 1972 г. мы не обнаружили достоверных изменений количества  $Al^{3+}$  в течение вегетационного периода (по средним для парцеллы значениям), за исключением почвы под еловым лесом, где в середине лета содержание обменного алюминия увеличивалось. Отклонения в содержании  $Al$  по сезонам: 0,2 мг-экв (березняк 50 лет) – 0,6 (ельник).

Представленные результаты четырех лет наблюдений позволяют установить следующие особенности сезонной динамики содержания обменного алюминия в дерново-подзолистой почве: 1) как правило, колебания содержания обменного  $Al$  коррелируют с изменением рН почвы: снижение рН сопровождается увеличением поглощенного  $Al$  в ППК. Однако в отдельные годы содержание  $Al^{3+}$  повышается и летом (при снижении кислотности почвы), в периоды усиленного потребления оснований ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) в связи с внедрением алюминия в ППК; 2) по годам ход динамики  $Al^{3+}$  отличается в основном масштабами различий его содержания по сезонам; 3) наибольшая амплитуда изменений по сезонам характерна для почв под хвойными лесами; 4) статистическая обработка данных часто не выявляет достоверных различий количества  $Al^{3+}$  в почве по сезонам из-за большого пространственного варьирования, которое сохраняется высоким в течение всего периода наблюдений (табл. 24).

*Динамика  $Al^{3+}$  в почве по зонам парцеллы.* Анализ данных по динамике поглощенного алюминия в почвах зон парцелл показывает, что характер сезонной изменчивости содержания  $Al^{3+}$  в них часто значительно отличается от среднего (в парцелле) хода его динамики (см. рис. 14-16). По этому признаку они разнятся и между собой. Отличия состоят в различных амплитуде и направлении колебаний. Так, по данным 1969-1971 гг., наиболее изменчиво во времени содержание  $Al^{3+}$  в почве под хвойными лесами в приствольной и периферийной зонах, под листовыми – на границе проекции средней и периферийной частей крон. Чаше отличия состоят в большей амплитуде колебаний количества  $Al^{3+}$  по сезонам в почве этих участков по сравнению со средней кривой динамики.

Более подробно остановимся на характеристике особенностей динамики обменного алюминия в почве зон парцелл в 1972 г., резко отличающемся погодными условиями вегетационного периода (рис. 17). Как указывалось выше, средние по парцелле значения содержания  $Al^{3+}$  в почве мало отличались по сезонам. Однако анализ колебаний  $Al^{3+}$  в почвах зон парцелл свидетельствует о значительных его изменениях (статистически достоверных) в течение вегетационного периода.

Амплитуда колебаний содержания  $Al^{3+}$  в почве у стволов деревьев в сосняке в 4, а в ельнике – в 3 раза превышает изменение его средних количеств (в почве парцеллы в среднем). Примерно так же отличаются почвы зон и между собой. Причем в ельнике у ствола и в зоне 0,7 м содержание  $Al^{3+}$  в почве

Таблица 24

Варьирование обменного алюминия в почве парцеллы в течение вегетационных периодов 1969-1972 гг. (мг-экв/100 г)

Тип леса	Год	Май		Июль		Октябрь	
		$M \pm m$	$V, \%$	$M \pm m$	$V, \%$	$M \pm m$	$V, \%$
Сосняк	1969						
20 лет		$\frac{1,6 \pm 0,2}{2,1 \pm 0,4}$	$\frac{25}{33}$	$\frac{0,6 \pm 0,1}{2,5 \pm 0,2}$	$\frac{16}{16}$	$\frac{0,9 \pm 0,2}{2,3 \pm 0,2}$	$\frac{40}{17}$
60 лет		$\frac{0,8 \pm 0,1}{0,8 \pm 0,1}$	$\frac{30}{30}$	$\frac{2,1 \pm 0,7}{2,9 \pm 0,8}$	$\frac{63}{56}$	$\frac{1,6 \pm 0,8}{2,2 \pm 0,7}$	$\frac{100}{63}$
Липняк		$\frac{1,4 \pm 0,6}{1,4 \pm 0,3}$	$\frac{93}{43}$	$\frac{1,3 \pm 0,6}{2,4 \pm 0,2}$	$\frac{92}{21}$	$\frac{0,2 \pm 0,1}{0,9 \pm 0,3}$	$\frac{100}{67}$
Сосняк	1971						
78 лет		$\frac{0,8 \pm 0,1}{0,9 \pm 0,1}$	$\frac{31}{56}$	$\frac{0,8 \pm 0,1}{0,8 \pm 0,1}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{0,9 \pm 0,1}{1,3 \pm 0,1}$	$\frac{44}{38}$
Ельняк		$\frac{1,2 \pm 0,1}{2,2 \pm 0,2}$	$\frac{44}{35}$	$\frac{1,4 \pm 0,2}{2,5 \pm 0,2}$	$\frac{50}{32}$	$\frac{1,9 \pm 0,3}{2,8 \pm 0,3}$	$\frac{58}{36}$
Березняк							
50 лет		$\frac{0,7 \pm 0,1}{1,2 \pm 0,2}$	$\frac{28}{75}$	$\frac{0,8 \pm 0,1}{1,2 \pm 0,1}$	$\frac{50}{33}$	$\frac{0,9 \pm 0,1}{1,5 \pm 0,1}$	$\frac{33}{27}$
85 лет		$\frac{1,0 \pm 0,1}{1,2 \pm 0,1}$	$\frac{30}{25}$	$\frac{0,7 \pm 0,1}{1,1 \pm 0,1}$	$\frac{28}{45}$	$\frac{1,1 \pm 0,2}{2,2 \pm 0,3}$	$\frac{64}{59}$
Сосняк	1970						
20 лет		$\frac{0,6 \pm 0,1}{1,1 \pm 0,2}$	$\frac{33}{36}$	$\frac{1,0 \pm 0,2}{2,5 \pm 0,3}$	$\frac{50}{40}$	$\frac{1,9 \pm 0,4}{2,8 \pm 0,4}$	$\frac{63}{46}$
60 лет		$\frac{1,1 \pm 0}{1,4 \pm 0,5}$	$\frac{0}{57}$	$\frac{1,3 \pm 0,1}{2,1 \pm 0}$	$\frac{38}{0}$	$\frac{2,3 \pm 0,3}{3,1 \pm 0,3}$	$\frac{39}{20}$
Липняк		$\frac{0,3 \pm 0}{0,5 \pm 0,1}$	$\frac{0}{40}$	$\frac{0,4 \pm 0,1}{1,0 \pm 0,1}$	$\frac{75}{50}$	$\frac{0,5 \pm 0,1}{1,3 \pm 0,1}$	$\frac{40}{31}$
Сосняк	1972						
78 лет		$\frac{0,7 \pm 0,1}{1,0 \pm 0,1}$	$\frac{57}{40}$	$\frac{0,8 \pm 0,1}{0,9 \pm 0,1}$	$\frac{50}{33}$	$\frac{1,2 \pm 0,3}{1,4 \pm 0,3}$	$\frac{117}{79}$
Ельняк		$\frac{1,1 \pm 0,1}{2,4 \pm 0,2}$	$\frac{45}{33}$	$\frac{1,4 \pm 0,1}{2,5 \pm 0,2}$	$\frac{21}{32}$	$\frac{1,0 \pm 0,1}{2,4 \pm 0,2}$	$\frac{50}{12}$
Березняк							
50 лет		$\frac{0,7 \pm 0,1}{1,3 \pm 0,1}$	$\frac{29}{23}$	$\frac{0,5 \pm 0,2}{1,4 \pm 0,1}$	$\frac{120}{29}$	$\frac{0,6 \pm 0,1}{1,3 \pm 0,1}$	$\frac{83}{38}$
85 лет		$\frac{0,8 \pm 0,1}{1,4 \pm 0,1}$	$\frac{50}{21}$	$\frac{1,1 \pm 0,3}{1,9 \pm 0,2}$	$\frac{82}{42}$	$\frac{1,0 \pm 0,2}{1,6 \pm 0,3}$	$\frac{80}{81}$

В числителе статистические показатели содержания обменного алюминия в горизонте  $A_1$ , в знаменателе - в горизонте  $A_1A_2$ .

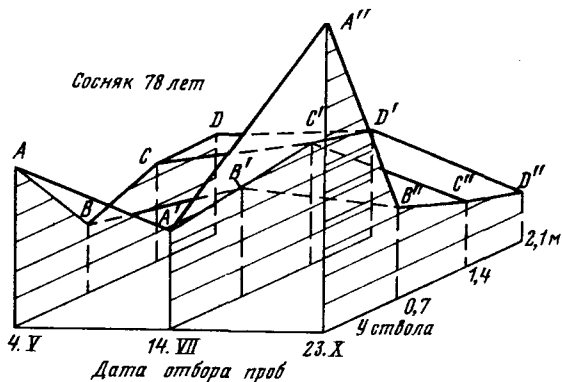
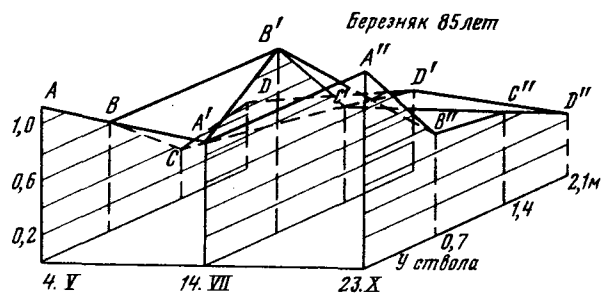
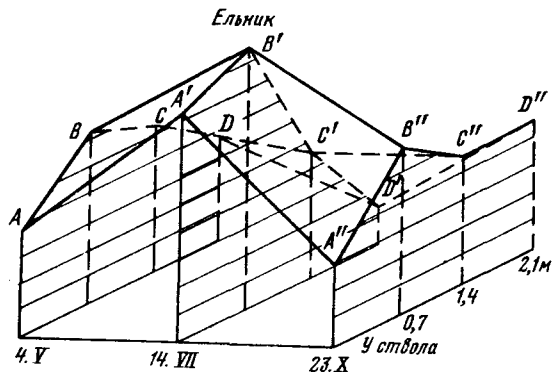
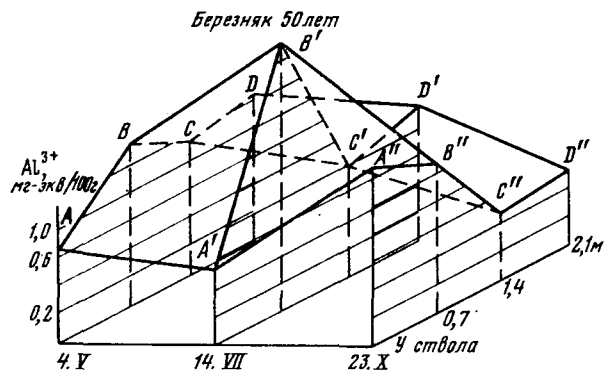


Рис. 17. Динамика содержания обменного алюминия в горизонтах  $A_1$  и  $A_1A_2$  дерново-подзолистой почвы в 1972 г.

Условные обозначения см. на рис. 12

летом резко возрасло, а в почве зон 1,4 и 2,1 м – уменьшилось. В сосняке же в почве у стволовой зоны количество  $Al^{3+}$  летом было намного выше, чем в почве других участков парцеллы.

Почвы зон лиственных парцелл (сформированных лиственными деревьями) по ходу динамики поглощенного алюминия различаются между собой в меньшей степени. Тем не менее и здесь (березняк 50 лет, ствол – 0,7 м; березняк 85 лет, 0,7–1,4 м) изменения количества алюминия в течение вегетационного сезона достоверны в отличие от изменчивости среднего его содержания в почве парцеллы. Отметим, что и в почве лиственных лесов наблюдаются различия в направлении хода динамики обменного  $Al$  по зонам парцеллы. Так, летом в березняках количество  $Al$  в почве у стволов уменьшалось, а в зоне 0,7 м – увеличивалось.

Таким образом, результаты 1972 г. наглядно показывают, что средние для парцеллы значения при описании динамики обменного алюминия не вскрывают своеобразие почвенных процессов, протекающих в разных ее зонах.

*Факторы, влияющие на динамику  $Al^{3+}$ .* Сравнение изменения содержания обменного  $Al$  по сезонам с колебаниями значений  $pH$  свидетельствует о тесной связи этих показателей. Корреляционная связь между  $Al^{3+}$  и  $H^+$  в  $CaCl_2$ -вытяжке была установлена Н.П. Карпинским (1952) – 0,79, Пионке и Кори (Pionke, Corey, 1967) – 0,67. Наши данные также обнаруживают зависимость этих свойств почвы. График, построенный с использованием коэффициентов по Генесу (1967) и демонстрирующий связь содержания обменного алюминия с определенной реакцией почвы, показывает, что при малых значениях  $pH$  в почве, как правило, содержится большее количество обменного  $Al^{3+}$  (рис. 18). Установлено (Micauls, 1970), что максимальное количество  $Al^{3+}$  содержится в почве при значениях  $pH$  3,4–3,6, а в интервале 4,8–5,0 обменный алюминий переходит в необменную форму. Отмечается (Clark, 1969), что хотя в основном количество  $Al^{3+}$  с понижением  $pH$  увеличивается, факторы, контролирующие содержание ионов  $Al$  в почвенном растворе, а следовательно, и в ППК, еще не изучены и прямой связи между  $pH$  и обменным  $Al^{3+}$  не выявлено.

Не менее сложна связь содержания обменного  $Al^{3+}$  с влажностью почвы. Поскольку, как правило, более низкие значения  $pH$  характерны для влажных сезонов вегетационного периода (обычно весна и осень), можно допустить, что и количество обменного  $Al^{3+}$  в это время должно быть большим, чем летом. При обработке результатов (более 1500 определений) информационным методом (Пузаченко, Мошкин, 1969) мы получили, что максимальные значения содержания  $Al^{3+}$  (более 3,6 мг-экв) были характерны для дерново-подзолистых почв при влажности 35–45%, минимальные (1,0–1,5) – при 11–20%.

Тем не менее, как и в случае с колебаниями  $pH$  почвы, в интервале 20–35% влажности отмечается и уменьшение, и увеличение количества обменного  $Al^{3+}$ . Следовательно, и здесь о жесткой

связи количества  $Al^{3+}$  в почве с ее влажностью говорить нельзя. С.П. Ярков (Ярков, Коптева, 1952; Ярков, 1956) отмечал повышенное содержание подвижного алюминия в почве во влажные периоды, что объяснялось развитием восстановительных процессов в почве в это время и деятельностью определенных видов микроорганизмов, вызывающих увеличение подвижного алюминия в почве.

Наряду с увеличением количества обменного  $Al^{3+}$  в почве во влажные сезоны отмечается повышение его содержания и летом. А.И. Ахромейко (1936) повышение количества  $Al^{3+}$  в июне связывала с подкислением почвенных горизонтов за счет просачивания кислых продуктов разложения подстилки, которые переводят  $Al^{3+}$  в подвижное состояние. О.П. Алейникова (1969) увеличение

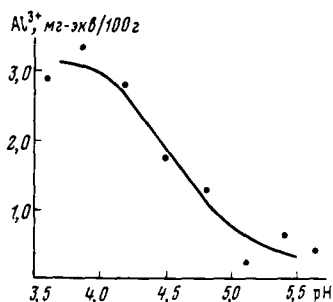


Рис. 18. Зависимость содержания обменного алюминия от pH почвы (по данным информационного анализа с использованием коэффициента по Генесу)

содержания поглощенного  $Al^{3+}$  в сухие периоды отдельных лет наблюдений объясняла внедрением  $Al^{3+}$  в ППК при понижении суммы поглощенных оснований ( $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$ ) летом за счет потребления их растениями, а также накоплением корневых выделений и активизацией деятельности грибной микрофлоры, продукты жизнедеятельности которых разрушают минеральную основу почвы. По нашим данным, при общей тенденции к увеличению содержания поглощенного  $Al^{3+}$  в почве в сухие периоды летнего сезона отмечалось и уменьшение его летом в отдельные годы (1971 г., август).

Различия в содержании  $Al^{3+}$  и ходе его динамики в почвах зон парцеллы связаны с разными условиями почвообразования в пределах парцеллы. Большие изменения его содержания по сезонам в почвах стволовых участков (в отличие от периферийных) парцелл хвойных лесов в условиях длительного засушливого периода 1972 г. позволяют заключить, что одной из ведущих причин, определяющих эти различия, было неравномерное распределение подстилки, так характерное для хвойных лесов (см. рис. 8). Мощный слой подстилки у стволов, предохраняя здесь почву от высыхания, в условиях высоких температур создавал благоприятные условия для интенсивной деятельности микроорганизмов, в результате чего в верхних слоях почвы этих участков накапливались кислые продукты разложения подстилки. В ельнике они значительно понизили pH почвы, при этом снизилось количество поглощенных  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  и увеличилось содержание  $Al^{3+}$  летом, в сосняке это отмечалось осенью.

Описанные особенности сезонной изменчивости содержания обменного алюминия в почве и зависимость количества  $Al^{3+}$  от других свойств почвы показывают, что динамика обменного алюминия в гумусовых горизонтах связана с интенсивностью разложения органических остатков в течение вегетационного периода и свойствами продуктов разложения, обуславливающих реакцию почвенного раствора.

### ПОГЛОЩЕННЫЕ КАЛЬЦИЙ И МАГНИЙ

*Динамика  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  в почве парцеллы (по средним значениям).* Как показали наши исследования, ход изменения содержания поглощенных  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  в почве в основных чертах одинаков, потому в данном разделе они рассматриваются вместе.

Результаты 4-летних наблюдений за особенностями сезонной динамики обменных оснований в дерново-подзолистых почвах различных биогеоценозов Малинского лесничества представлены на рис. 19, 20.

Для вегетационного периода 1969 г. в основном было характерно уменьшение содержания обменных оснований в почве в середине лета и увеличение к осени. Исключение составили почвы под сосняком 20 лет, где к осени содержание обменного  $Ca^{2+}$  падало, и почвы под 60-летней посадкой, где летний минимум содержания  $Mg^{2+}$  не был выражен. Наиболее отчетливы сезонные колебания поглощенных оснований в почве под липняком (здесь ярко выражен их осенний максимум); менее всего — под 60- и 85-летними сосняками.

В горизонте  $A_1A_2$  сезонные колебания содержания  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  повторяют их изменения в горизонте  $A_1$ . Однако здесь амплитуда колебаний количеств обменных оснований меньше, и изменения по сезонам, как правило, недостоверны. Примечательно, что при недостоверных изменениях содержания  $Ca^{2+}$  по сезонам в почве под 60-летней посадкой колебания количеств  $Mg^{2+}$  здесь достаточно велики, что указывает на большую динамичность обменного  $Mg^{2+}$  по сравнению с  $Ca^{2+}$ .

В 1970 г. минимальное содержание обменного  $Ca^{2+}$  приходилось также главным образом на летний период. Что касается обменного  $Mg^{2+}$ , то иногда минимум его содержания отмечался и весной. В 1969 г. весной количество  $Mg^{2+}$  в почве под сосняками 20 и 60 лет было максимально.

Статистическая обработка данных свидетельствует о том, что уменьшение обменных оснований в почве в летний период, как правило, достоверно.

В 1971 г. наиболее ощутимые колебания в количестве  $Ca^{2+}$  в горизонте  $A_1$  наблюдались в почве под еловым лесом, а в содержании  $Mg^{2+}$  — в почвах под еловым и сосновыми лесами (табл. 25).

В почвах под сосняками (для  $Ca^{2+}$ ) и лиственными лесами (для  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$ ) изменения содержания обменных оснований по

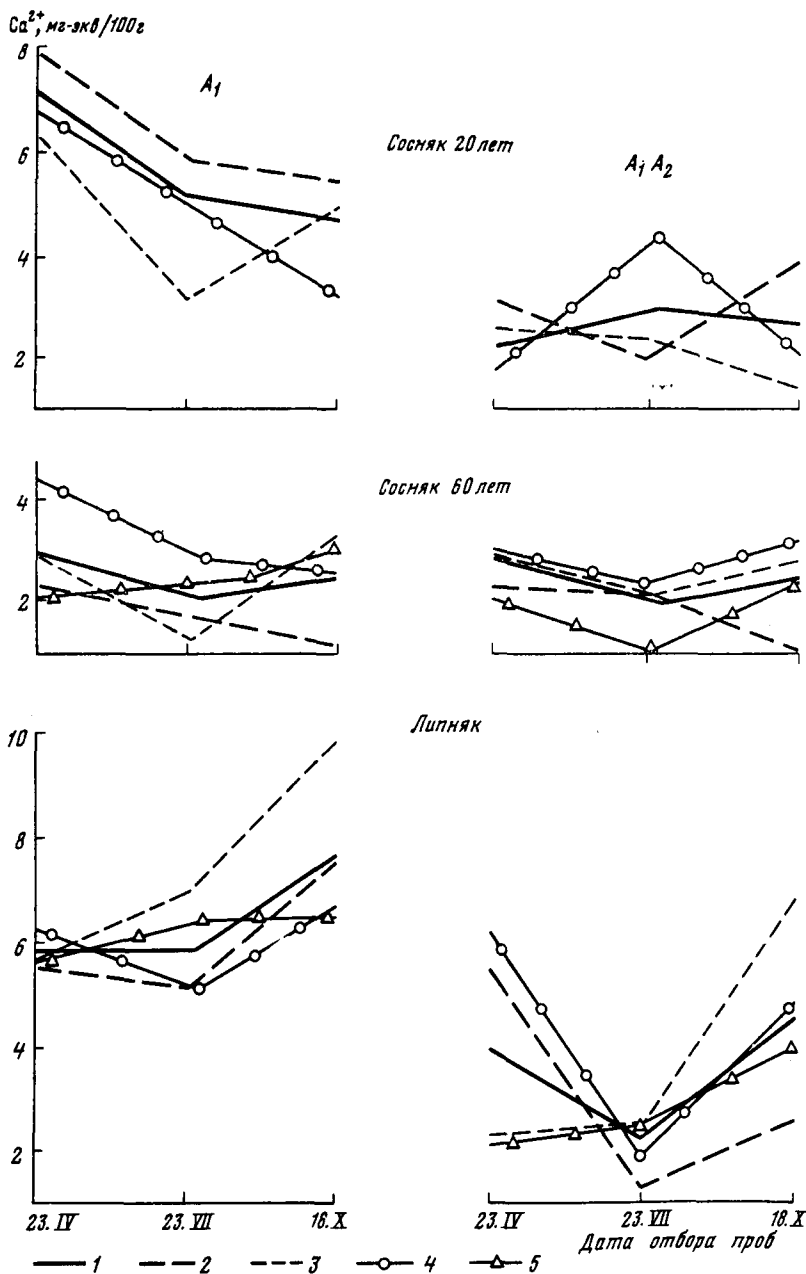


Рис. 19. Динамика содержания поглощенного кальция в горизонтах  $A_1$  и  $A_1 A_2$  дерново-подзолистых почв в 1969 г.

Условные обозначения см. на рис. 10



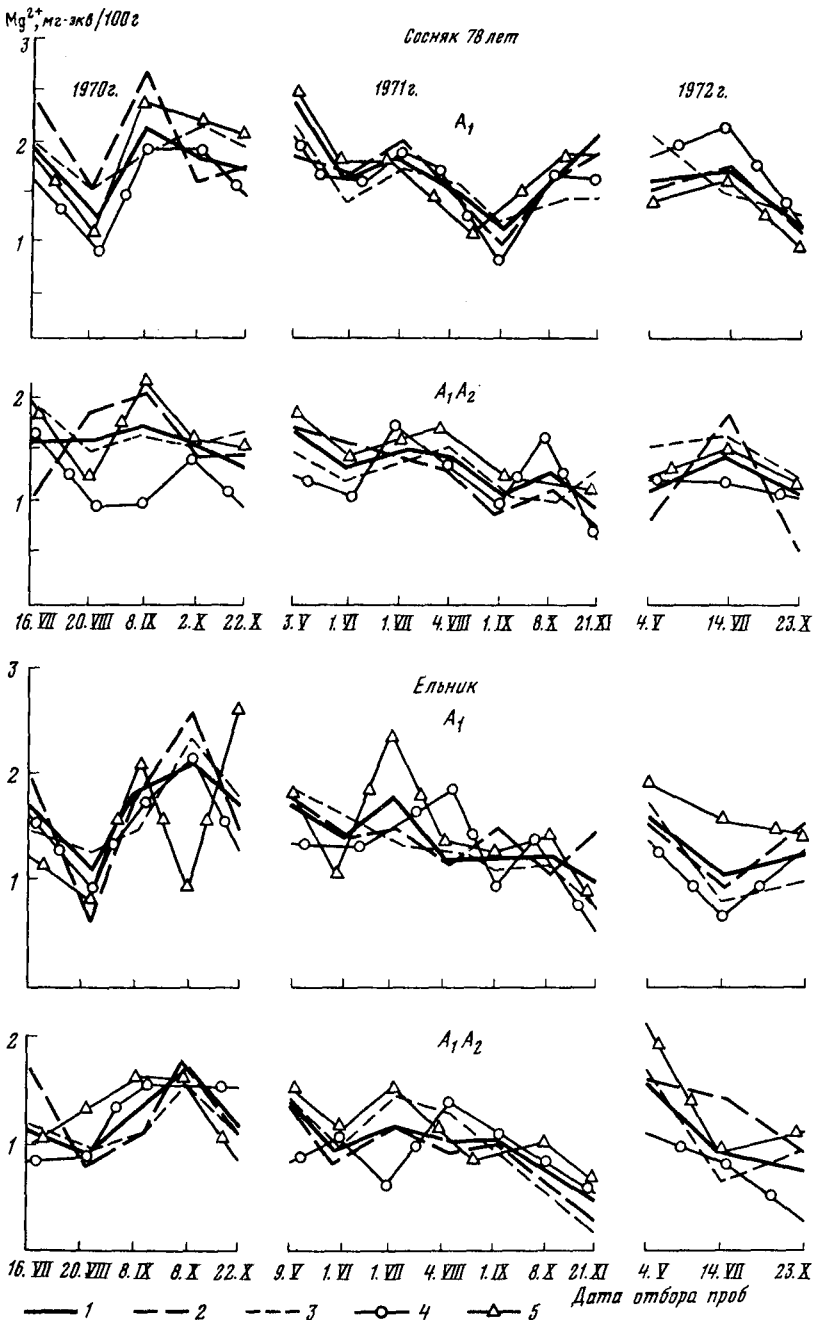


Рис. 20. Динамика содержания поглощенного магния в горизонтах  $A_1$  и  $A_1A_2$  дерново-подзолистых почв

Условные обозначения см. на рис. 10

Таблица 25

Колебания содержания поглощенных кальция и магния в дерново-подзолистых почвах в течение вегетационных периодов (мг-экв/100 г)

1969 г.		1970 г.	
A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>
Кальций			
0,8 (сосняк 60 лет)	0,1 (сосняк 85 лет)	0,5 (березняк 85 лет)	0,3 (липняк)
2,4 (липняк, сосняк 20 лет)	1,7 (липняк)	1,8 (сосняк 60 лет)	1,3 (сосняк 20 лет)
Магний			
1,2 (сосняк 60 лет)	0,2 (сосняк 60 лет)	0,8 (березняк 85 лет)	0,3 (сосняк 78 лет)
1,6 (сосняк 20 лет)	1,8 (сосняк 20 лет)	1,6 (березняк 50 лет)	1,8 (сосняк 60 лет)

\*Приведены наибольшие и наименьшие величины.

сезонам статистически недостоверны, хотя рисунок этих изменений повторяет ход динамики 1970 и 1969 гг., т.е. отмечается тенденция к уменьшению количеств обменных оснований летом и увеличению в середине осени. Еще менее значимы изменения в горизонте A<sub>1</sub>A<sub>2</sub>.

1972 г. отличался от описанных выше периодов наблюдений. Средние значения свидетельствуют о некотором увеличении обменных Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> в почвах березняков и сосняка 78 лет в июле, хотя в связи с большим пространственным варьированием отличия эти недостоверны. Лишь в почве под ельником, так же как в прошлые годы, содержание обменных оснований реально уменьшилось в это время.

Рассмотренные выше особенности динамики содержания обменных оснований в 1969-1972 гг. в почве доминирующих парцелл (по средним для парцеллы значениям) показывают: разница в содержании обменного кальция по сезонам составляет 2-2,5 мг-экв в горизонте A<sub>1</sub>, 1-2 мг-экв в горизонте A<sub>1</sub>A<sub>2</sub> (для магния соответственно 1-1,5 и 1,5-2 мг-экв); наибольшая амплитуда колебаний характерна для 1969 г., когда сезоны четко отличались один от другого, в меньшей степени изменялось содержание Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> в 1972 г. во всех почвах, кроме почвы под еловым лесом; почвы под хвойными лесами более динамичны по указанным свойствам; Mg<sup>2+</sup> более изменчив во времени, чем Ca<sup>2+</sup>; при меньшем содержании Mg<sup>2+</sup> в почве значения колебаний его количества за период наблюдений незначительно отличаются от величин, характеризующих разницу в содержании Ca<sup>2+</sup> в почве по сезонам; варьирование содержания Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> (в среднем 20-40%) в течение сезона меня-

1971 г.		1972 г.	
A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>
Кальций			
0,8 (березняк 85 лет)	0,3 (березняк 85 лет)	0,3 (березняк 85 лет)	0,4 (березняк 50 лет)
1,3 (ельник)	0,8 (ельник, берез- няк 50 лет)	2,2 (ельник)	1,1 (сосняк 78 лет)
Магний			
0,4 (березняк 85 лет)	0,6 (березняк 50 лет)	0,0 (березняк 85 лет)	0,3 (березняк 85 лет)
1,2 (сосняк 78 лет)	0,9 (ельник)	0,6 (ельник)	0,8 (сосняк 78 лет)

ется незначительно (табл. 26). Чаще большая неоднородность свойств почв характерна для осеннего периода в связи с поступлением новых порций опада.

*Динамика Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> в почве по зонам парцеллы.* При анализе результатов сезонных изменений содержания Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> в почвах зон парцелл, так же как и в случае с pH и Al<sup>3+</sup>, обнаруживаются различия по амплитуде и направленности их сезонных изменений (см. рис. 19, 20).

По данным 1970–1972 гг., под хвойными лесами наибольшая амплитуда колебаний содержания Ca<sup>2+</sup>, как правило, наблюдается в почвах приствольных участков, а под лиственными – у ствола и на участках проекции периферийных частей крон (рис. 21).

При сравнении изменений средних по парцелле значений и характеристик почв отдельных ее зон обнаруживается, что амплитуда колебаний содержания Ca<sup>2+</sup> по сезонам в последних в 1,5–2 раза выше: в приствольной части парцелл сосновых лесов колебания составляют 2,5–3 мг-экв против 0,8–1,3 по средним значениям, в липняке соответственно 3–3,5 против 1,7–2,0. В почве под ельником у ствола колебания в содержании Ca<sup>2+</sup> достигали 4,7 мг-экв (среднее отклонения – 2,2 мг-экв), а на участке 1,4 м от ствола количество кальция сохранялось в течение вегетационного периода почти одинаковым.

По количеству Mg<sup>2+</sup> наиболее динамичны в хвойных лесах почвы приствольных и периферийных частей парцелл (2,1 м от ствола), а в лиственных – средних и периферийных частей проекций крон (1,4–2,1 м).

Различаясь по масштабам сезонных колебаний, почвы участков

парцелл могут значительно различаться и самим характером изменений. Ход динамики описываемых свойств почв в зонах может быть противоположен один другому. Так, в 1970 г. в почве у ствола в липняке содержание  $\text{Ca}^{2+}$  резко возросло к осени, а в зоне, удаленной от ствола на 1,4 м, оно упало. То же имело место и в почве под 85-летним березняком летом того же года.

Чаще всего направлением сезонных изменений поглощенных оснований различаются "крайние" зоны парцелл – приствольные зоны и удаленные на 2,1 м от стволов, что, по-видимому, связано с большей их разницей в условиях среды и соответственно условиях почвообразования (неоднородное развитие травяного покрова, разные освещенность и интенсивность биохимических процессов и т.д.).

*Факторы, влияющие на динамику  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ .* Изменение количества поглощенных оснований в почве связано непосредственно с динамикой воднорастворимых веществ, с изменением концентрации почвенных растворов. Концентрация последних прямо коррелирует с содержанием обменных оснований в ППК (Дюшофур, ). 1970).

Весной почвенные растворы более концентрированы за счет продуктов разложения растительных остатков опада и выщелачива-

Таблица 26

Статистические показатели содержания поглощенных кальция и магния в дерново-подзолистых почвах (мг-экв/100 г)

Тип леса	Горизонт	Год					
		1971 г.					
		май		июль		октябрь	
		$M \pm m$	$V, \%$	$M \pm m$	$V, \%$	$M \pm m$	$V, \%$
Кальций							
Березняк	$A_1$	$5,8 \pm 0,3$	20	$5,1 \pm 0,2$	17	$5,2 \pm 0,2$	15
50 лет	$A_1 A_2$	$3,7 \pm 0,3$	14	$3,7 \pm 0,2$	19	$3,5 \pm 0,2$	23
	$A_1$	$4,1 \pm 0,3$	24	$4,0 \pm 0,4$	30	$4,3 \pm 0,3$	28
85 лет	$A_1 A_2$	$2,9 \pm 0,2$	21	$2,6 \pm 0,1$	19	$2,6 \pm 0,2$	30
Ельняк	$A_1$	$5,0 \pm 0,7$	44	$5,0 \pm 0,7$	41	$5,3 \pm 0,5$	34
	$A_1 A_2$	$2,5 \pm 0,7$	90	$2,8 \pm 0,3$	33	$2,7 \pm 0,4$	50
Сосняк	$A_1$	$5,8 \pm 0,2$	16	$5,1 \pm 0,3$	20	$5,4 \pm 0,4$	24
	$A_1 A_2$	$4,3 \pm 0,2$	21	$4,0 \pm 0,2$	20	$3,9 \pm 0,2$	21
Магний							
Березняк	$A_1$	$2,7 \pm 0,1$	18	$2,4 \pm 0,1$	21	$2,0 \pm 0,2$	30
50 лет	$A_1 A_2$	$1,9 \pm 0,1$	21	$1,8 \pm 0,1$	17	$1,6 \pm 0,1$	31
	$A_1$	$2,1 \pm 0,1$	14	$1,8 \pm 0,1$	17	$2,0 \pm 0,1$	20
85 лет	$A_1 A_2$	$1,8 \pm 0,2$	28	$1,6 \pm 0,2$	50	$1,4 \pm 0,1$	29
Ельняк	$A_1$	$1,7 \pm 0,1$	18	$1,8 \pm 0,1$	22	$1,3 \pm 0,3$	85
	$A_1 A_2$	$1,4 \pm 0,2$	36	$1,5 \pm 0$	0	$0,8 \pm 0,1$	38
Сосняк	$A_1$	$2,3 \pm 0,1$	17	$1,8 \pm 0,1$	11	$1,5 \pm 0,1$	27
78 лет	$A_1 A_2$	$1,6 \pm 0,1$	25	$1,4 \pm 0,1$	24	$1,2 \pm 0,1$	33

Таблица 26 (окончание)

Тип леса	Горизонт	Год					
		1972 г.					
		май		июль		октябрь	
		$M \pm m$	$V, \%$	$M \pm m$	$V, \%$	$M \pm m$	$V, \%$
Кальций							
Березняк	A <sub>1</sub>	4,9±0,2	12	5,0±0,3	18	4,4±0,3	25
50 лет	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	3,1±0,1	16	3,4±0,3	32	3,5±0,1	9
	A <sub>1</sub>	4,3±0,2	19	4,4±0,3	27	4,1±0,4	37
85 лет	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	2,8±0,3	32	3,2±0,2	25	2,6±0,2	31
Ельник	A <sub>1</sub>	7,6±0,6	34	5,4±0,3	22	6,4±0,6	34
	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	3,4±0,4	38	3,6±0,5	35	3,2±0,4	44
Сосняк	A <sub>1</sub>	5,2±0,4	29	5,5±0,3	22	4,7±0,4	30
	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	3,8±0,2	26	4,2±0,2	19	3,1±0,2	32
Магний							
Березняк	A <sub>1</sub>	2,2±0,1	14	2,2±0,1	14	1,8±0,1	27
50 лет	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	1,5±0,1	27	1,9±0,1	21	1,3±0,1	23
	A <sub>1</sub>	1,7±0,1	29	1,7±0,1	24	2,1±0,1	14
85 лет	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	1,4±0,1	14	1,5±0,1	27	1,2±0,1	25
Ельник	A <sub>1</sub>	1,7±0,2	41	1,1±0,1	18	1,3±0,1	23
	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	1,7±0,2	41	1,0±0,2	60	0,9±0,1	33
Сосняк	A <sub>1</sub>	1,6±0,1	31	1,7±0,2	35	1,2±0,1	25
78 лет	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	1,1±0,1	36	1,4±0,1	28	1,0±0,1	40

ния оснований из горизонта A<sub>0</sub>. А.Е. Максимовой (1973) установлено, что в этот период концентрация почвенных растворов максимальна, а Ca и Mg по скорости выщелачивания занимают одно из первых мест. В переувлажненной почве в это время создаются восстановительные условия, благоприятствующие образованию подвижных соединений и элементов (Ярков, 1949; Ярков и др., 1950; Карпачевский, Киселева, 1969). Часто весной же отмечается довольно высокое содержание поглощенных оснований в почве, которое к июню еще более возрастает в связи с нарастанием температуры, уменьшением влаги в почве и повышением интенсивности биологических процессов. Такой пик мы отмечали в 1971 г., ранее на июньский пик в содержании поглощенного кальция в почвах указывал Ушер (Usher, 1970). Повышение содержания обменных оснований в это время коррелирует с максимальным разложением подстилки и освобождением при этом больших количеств минеральных элементов, поступающих в верхние почвенные горизонты.

Летом минерализация подстилки продолжается. В условиях засушливого лета интенсивность ее разложения может и значительно снижаться в связи с угнетенной микробиологической деятельностью (Аристовская, 1965). В условиях высоких температур увеличивается расход почвенной влаги на транспирацию и испарение, почвенные растворы концентрируются, однако количество обменных

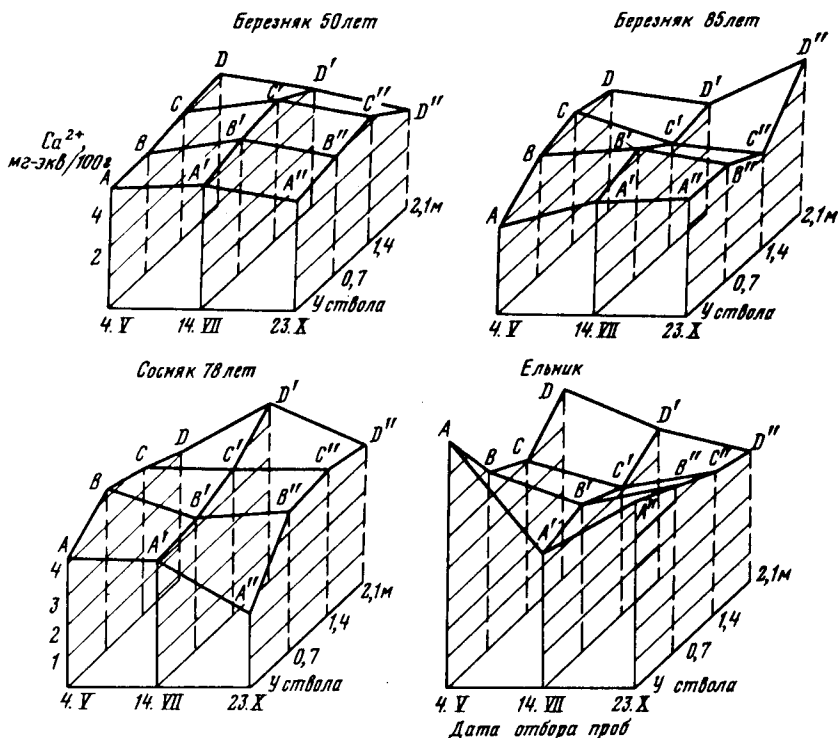


Рис. 21. Динамика содержания поглощенного кальция в горизонте  $A_1$  дерново-подзолистой почвы в 1972 г.

Условные обозначения см. на рис. 12

$Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  в почве, как правило, уменьшается летом за счет активного поглощения их вегетирующей растительностью. В этот период потребление может значительно превышать поступление элементов, образующихся при минерализации подстилки (Шмурова, 1955). К этому периоду, как правило, приурочен минимум содержания питательных элементов в почве.

Увеличение обменных оснований в почве в начале осени обуславливается поступлением нового опада, главным образом листовенного, который и в изучаемых сосновых культурах и ельнике составляет существенную долю от общей массы (см. табл. 20). Лиственный опад интенсивно разлагается, и часто большая часть его минерализуется осенью. По данным Л.О. Карпачевского и др. (1971), опад липы разлагается в значительной степени уже в течение 2–3 недель после поступления на поверхность почвы; листья других пород сохраняются дольше, но тем не менее разлагается быстрее, чем хвоя. По скорости минерализации листьев Н.П. Ремезовым (1961а) определен следующий ряд: липа – лещина – дуб – осина. Осенью при благоприятных гидротермических условиях биологическая деятельность активизируется, что ускоряет разложе-

ние осеннего опада. Считают, что 40–50% зольных элементов опад теряет за счет вымывания осенними дождями (Степанов, 1940). Причем большая часть (60%) веществ, образующихся при разложении осеннего опада, задерживается в горизонте  $A_1$  (Пономарева, Сотникова, 1972). В этих условиях концентрация почвенных растворов увеличивается, что отражается на повышении содержания  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  в ППК. Особенно наглядно такое увеличение осенью 1969 г. в почве под липняком. Там, где листовый опад большой роли не играет (например, в 20-летнем сосняке, где листовые породы единичны), в почве ощутимого возрастания количества поглощенных  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  осенью не отмечается.

Таким образом, содержание поглощенных  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  в гумусовых горизонтах почв в течение вегетационного периода определяется поступлением их главным образом с растительным опадом и выносом этих элементов в основном за счет потребления растениями. Масштабы поступления тесно связаны с интенсивностью минерализации растительного опада, что определяется качеством самого опада, активностью микробиологической деятельности, определяемой гидротермическими условиями периодов наблюдений.

Особенности динамики поглощенных  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  в основных чертах одинаковы из года в год в связи с закономерной сменой времен года, фенологических фаз растительности и т.д. Различия в динамике по годам заключаются в основном в разных масштабах сезонных колебаний. Свойства почвы могут ощутимо различаться по сезонам, а в отдельные годы отмечается лишь тенденция к изменению их. Исключение составляют года, климатические показатели которых резко отличны от других, как это было, например, в 1972 г.

### ПОДВИЖНЫЙ ФОСФОР

*Динамика подвижного фосфора в почве парцеллы (по средним значениям).* Ниже мы описываем особенности сезонной динамики подвижного фосфора в почве в 1969–1972 гг. (рис. 22–24).

Содержание  $P_2O_5$  в гумусовых горизонтах исследуемых почв менялось в течение вегетационного периода 1969 г. по-разному в зависимости от типа леса. В почве под сосняком 60 лет оно резко падало к осени, под липняком и сосняком 85 лет уменьшалось от весны к лету и осенью не возрастало. Под 20-летней посадкой в почве четко выражен летний минимум (статистически достоверный). Различия по сезонам – от 1 до 5 мг/100 г почвы с наибольшими значениями колебаний в почве под сосняками 20 и 60 лет.

В 1970 г. в почвах под березняками и сосняками отмечалось увеличение подвижного фосфора в конце лета и осени; соответственно его наименьшее количество было отмечено в июне и конце сентября. Содержание  $P_2O_5$  в почве под липняком сохранялось одинаковым в течение периода наблюдений, лишь несколько увеличиваясь в конце осени; под ельником в это время наблюдалось

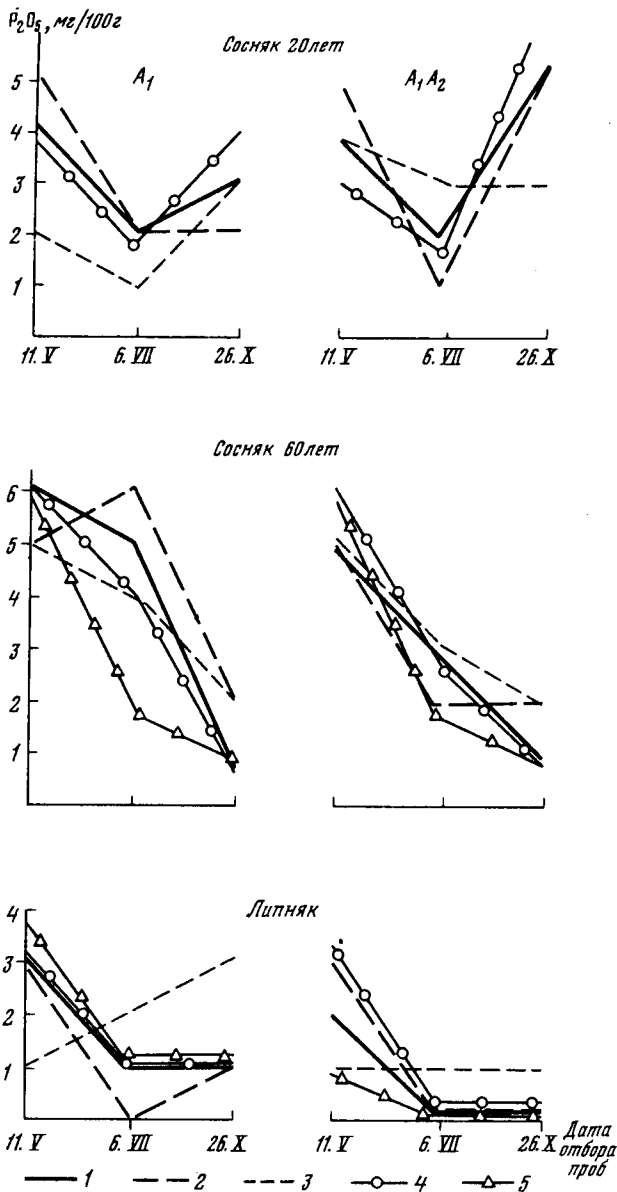


Рис. 22. Динамика содержания подвижного фосфора в горизонтах  $A_1$  и  $A_1A_2$  дерново-подзолистых почв под сосняками злаково-разнотравным 20 лет и легиново-костянично-лютиковым 60 лет и липняком волосисто-осоковым в 1969 г.

Условные обозначения см. на рис. '10



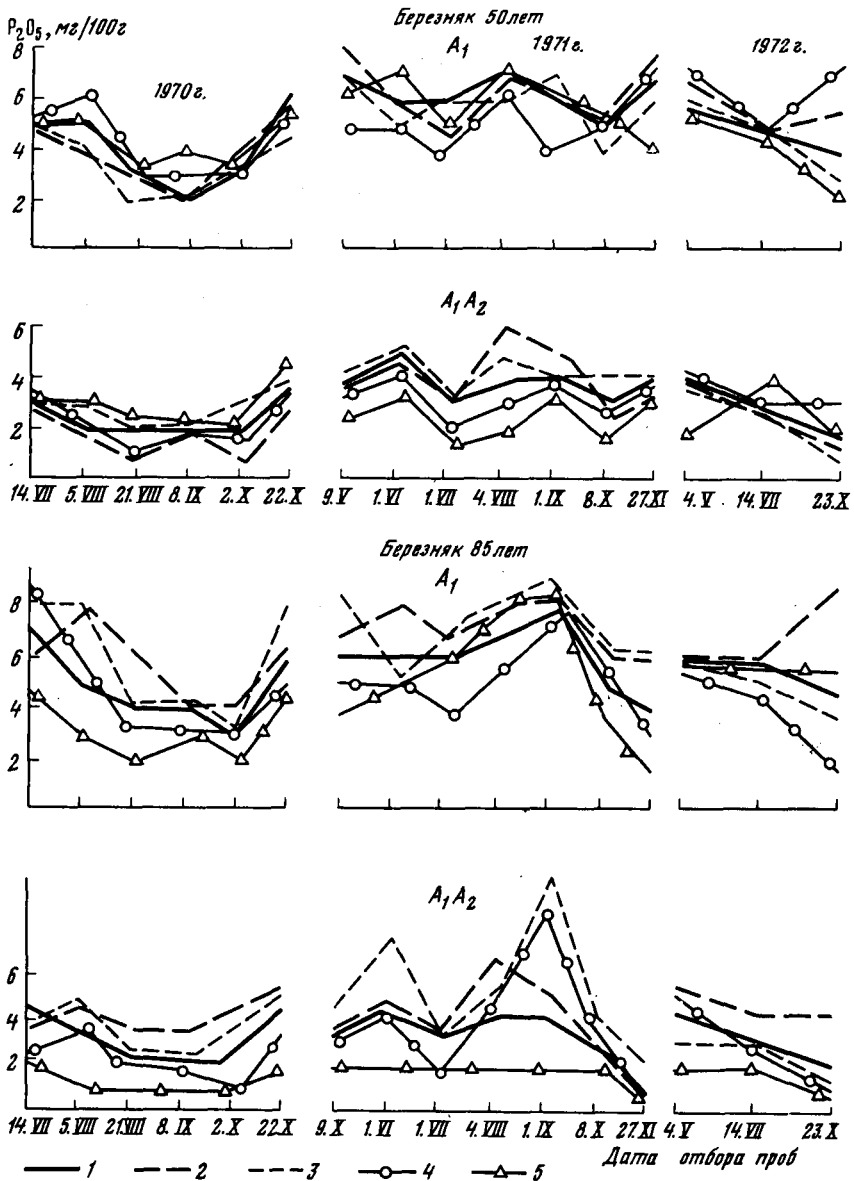


Рис. 23. Динамика содержания подвижного фосфора в горизонтах A<sub>1</sub> и A<sub>1</sub>A<sub>2</sub> дерново-подзолистых почв под березняками волосистоосоковыми  
Условные обозначения см. на рис. 10

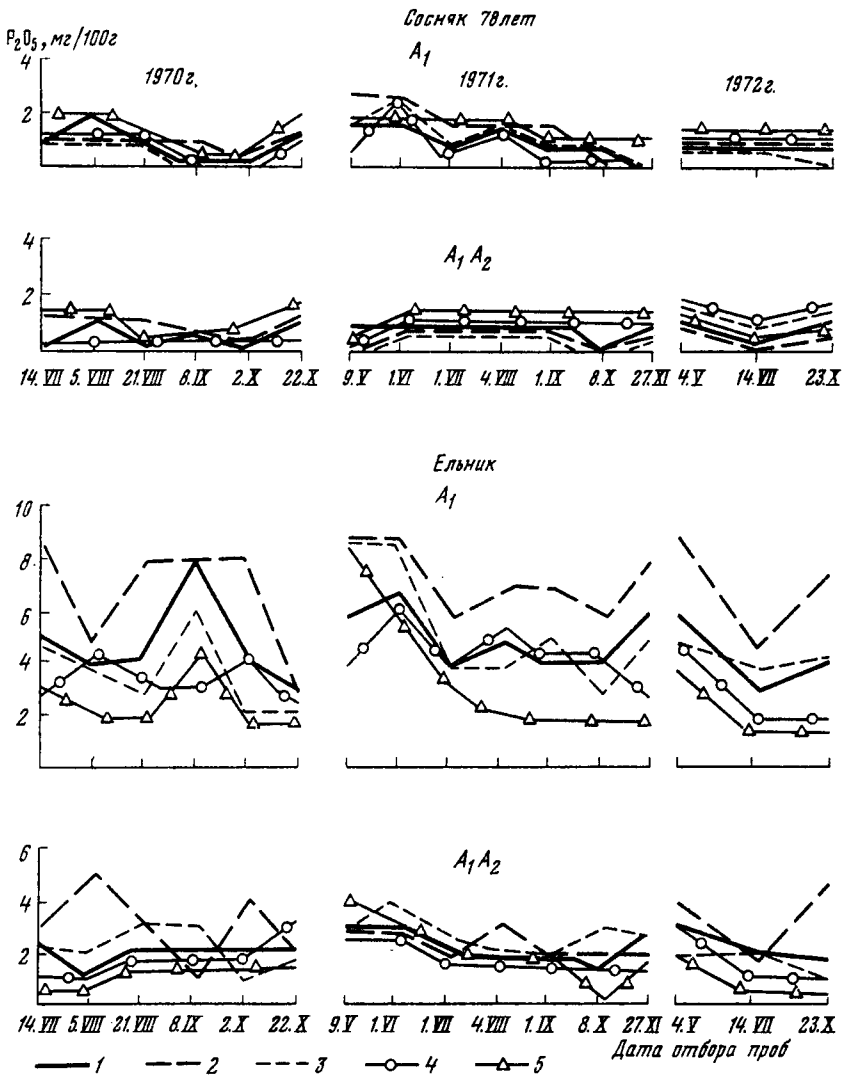


Рис. 24. Динамика содержания подвижного фосфора в почвах под сосняком лешиново-хвощово-лютиковым 78 лет и ельником лешиново-костянично-кисличным

Условные обозначения см. на рис. 10

резкое снижение количества фосфора после сентябрьского максимума. В почве под ельником и старым березняком в горизонте  $A_1$  различия по сезонам были более четкими, чем под другими лесами, и составляли 1–5 мг/100 г почвы. В горизонте  $A_1A_2$  рисунок изменений  $P_2O_5$  по сезонам был тем же, но различия меньше – 1–2 мг/100 г.

В 1971 г. характер динамики  $P_2O_5$  в горизонтах  $A_1$  и  $A_1A_2$  в общих чертах похож на изменчивость его содержания по сезонам 1970 г.: увеличение в августе и в конце осени, за исключением почв под старыми березняком и сосняком 85 лет, где в ноябре количество  $P_2O_5$  в почве уменьшалось. В еловом насаждении отмечался еще и июньский максимум. Колебания количества подвижного фосфора составляли 1–4 мг/100 г с наибольшими показателями под ельником и березняком 85 лет.

В 1972 г. в динамике  $P_2O_5$  существенных изменений по выбранным срокам не отмечалось; незначительно уменьшалось его содержание от мая к октябрю в почвах под березняками и сосняком 78 лет, и только в почве под еловым лесом был выражен летний минимум  $P_2O_5$ . Наибольшие различия по сезонам (3 мг/100 г) отмечались в почве под ельником.

Сравнение динамики  $P_2O_5$  в почве под различными типами леса позволяет отметить следующее: 1) характер сезонной динамики  $P_2O_5$  в верхней части почвенного профиля по масштабу и направлению изменений может различаться по годам, отличающимся погодными условиями. Чаше эти различия проявляются в весенний и осенний периоды. Например, весной 1969 и 1972 гг. отмечалось максимальное содержание  $P_2O_5$  в течение вегетационного периода, а в 1970 и 1971 гг. в это время фиксировалось уменьшение его количества; 2) сказывается и влияние растительного покрова, главным образом через свойства лесной подстилки, что выражается в основном в различной амплитуде колебаний; 3) различия в содержании фосфора по сезонам в слое 0–10 см составляют 1–5 мг/100 г почвы с наибольшими значениями под еловым лесом, наименьшими – под липняком и сосняком 78 лет; 4) при большой пространственной неоднородности содержания  $P_2O_5$  в почве (табл. 27) сезонные различия в количестве фосфора, как правило, статистически недостоверны.

*Динамика подвижного фосфора в почве по зонам парцеллы.* Различия в условиях почвообразования на участках парцелл, как неоднократно указывалось выше, определяют разный характер динамики  $P_2O_5$  в зависимости от расстояния от стволов деревьев (см. рис. 22–24). При этом средняя кривая (построенная по средним для парцеллы значениям) не всегда показывает эти изменения. Особенно показательны в этом отношении данные 1972 г. Так, средняя кривая динамики  $P_2O_5$  не показывала реальных изменений его количества по сезонам в почве под березняком 85 лет, в то время как содержание фосфора осенью резко увеличивалось в приствольной части, а на расстоянии 1,4 м – уменьшалось. Аналогичны особенности динамики  $P_2O_5$  в почве зон парцелл и в почве под

Таблица 27

Варьирование содержания подвижного фосфора в дерново-подзолистой почве под различными типами леса (средние данные по парцелле, мг/100 г)

Тип леса	Дата взятия образца	1971 г.				1972 г.			
		A <sub>1</sub>		A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>		A <sub>1</sub>		A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	
		M ± m	V, %	M ± m	V, %	M ± m	V, %	M ± m	V, %
Березняк во- лосистоосоко- вый 50 лет	9.V	7±0,4	25	4±0,3	22	6±0,4	23	4±0,3	28
	1.VI	6±0,5	31	5±0,2	20	-	-	-	-
	1.VII	6±0,8	47	3±0,2	23	5±0,2	18	3±0,3	47
	4.VIII	7±0,3	18	4±0,7	65	-	-	-	-
	1.IX	6±0,8	63	4±0,3	22	-	-	-	-
	8.X	5±0,2	12	3±0,3	37	4±0,6	50	2±0,2	45
Березняк во- лосистоосоко- вый 85 лет	27.XI	7±1,0	28	4±0,2	13	-	-	-	-
	9.V	6±0,5	33	3±0,3	47	6±0,7	48	4±0,7	55
	1.VI	6±0,6	31	4±0,6	62	-	-	-	-
	1.VII	6±0,6	31	3±0,4	57	6±0,5	31	3±0,4	43
	4.VIII	7±0,7	39	4±0,6	60	-	-	-	-
	1.IX	8±0,4	18	4±0,5	50	-	-	-	-
Сосняк лещино- во-хвощово- лютиковый 78 лет	8.X	5±0,5	42	3±0,6	80	5±1,0	70	2±0,5	80
	27.XI	4±0,8	42	1±0,3	60	-	-	-	-
	9.V	2±0,2	40	1±0	0	1±0,1	50	1±0,1	50
	1.VI	2±0,3	65	1±0,1	50	-	-	-	-
	1.VII	1±0,2	80	1±0,1	50	1±0,1	40	0	0
	4.VIII	2±0,2	35	1±0,1	40	-	-	-	-
Ельняк лещино- во-костяничне- кисличный	1.IX	1±0,1	40	1±0	0	-	-	-	-
	8.X	1±0,1	30	0	0	1±0,2	70	0	0
	27.XI	0	0	1±0,4	80	0	0	-	-
	9.V	6±1,0	48	3±0,3	37	6±0,9	50	3±0,5	53
	1.VI	7±0,8	43	3±0,4	30	-	-	-	-
	1.VII	4±0,4	32	2±0,4	75	3±0,7	77	2±0,4	70
	4.VIII	5±0,7	56	2±0,5	70	-	-	-	-
	1.IX	4±0,9	70	2±0	0	-	-	-	-
	8.X	4±0,8	68	2±0,5	85	4±0,6	55	2±0,7	135
	27.XI	6±1,6	53	2±0,4	40	-	-	-	-

50-летним березняком. По направленности изменений количеств фосфора по сезонам наиболее отличны почвы крайних зон парцелл. Однако чаще почвы участков парцелл разнятся по амплитуде колебаний. Так, в почвах под хвойными лесами наиболее существенны сезонные изменения  $P_2O_5$  в почве приствольных участков парцелл, а под лиственными - удаленных от ствола на расстояние 0,7-1,4 м.

*Факторы, влияющие на фосфатный режим почв.* Содержание подвижного фосфора в почве, так же как и других элементов питания, определяется его поступлением в почву и выносом нисходящими водами или растениями при потреблении. Динамика фосфора сложна и обусловлена одновременно протекающими в почве процессами образования подвижных форм фосфора и их использования. А.В. Соколов (1968) отмечает, что обновление P в жидкой фазе по мере выноса его растениями и живыми организмами может происходить в течение вегетационного периода несколько сот раз. В связи с этим до сих пор определенного объяснения сезонной изменчивости

содержания подвижного фосфора в почве нет, и дать его, основываясь на ограниченных данных, можно лишь в общих чертах.

Источником подвижного фосфора в почве являются как минеральные фосфорсодержащие соединения (Feher, Frank, 1936), так и органические, которые большинство исследователей (Басистый, 1967; Аргунова, 1974; и др.) считают главным резервом фосфора в почве. В верхней части профиля, несомненно, основной запас его создается за счет минерализации подстилки (Самойлова, 1962; Басистый, 1967; Нечаева, 1968). Миллер (Miller, 1968) предполагает, что фосфатный режим питания растений зависит главным образом от количества фосфора, образующегося при разложении подстилки. Считают, что подвижные формы Р поступают в почву и с корневыми выделениями растений (Барановская и др., 1969).

Разложение подстилки, как указывалось выше, связано с жизнедеятельностью микроорганизмов, которая в свою очередь определяется гидротермическими условиями. Круговорот фосфора протекает при активном участии микроорганизмов, которые ассимилируют минеральный фосфор и участвуют в процессах минерализации органического фосфора (Соколов, 1968).

Периоды наибольшего поступления Р в почву связаны с периодами интенсивной минерализации подстилки и вымывания питательных элементов тальми или дождевыми водами. Мы отмечали повышение содержания фосфора в почве как весной и осенью, так и в начале лета (июнь) – в период наибольшей интенсивности разложения подстилки.

Расходятся фосфаты на питание растений, вторичное поглощение почвой и вымывание в нижележащие горизонты в периоды нисходящего передвижения воды в почве. Главной статьей расхода считается потребление его растительностью в периоды интенсивной вегетации, когда происходит развитие почек и листьев, цветение, рост корней и побегов (Ковригин, 1952; Куликова, 1968; Иванов, 1962; и др.). Как правило, к этому времени приурочено наименьшее содержание  $P_{2O_5}$  в почве: потребление превышает поступление фосфора в почву.

Согласно О.П. Алейниковой (1969), динамика фосфора в общих чертах обуславливается температурой, влажностью почв и наличием органического вещества.

О влиянии влажности на содержание подвижного фосфора в почве в литературе приводятся разноречивые данные. Феер и Франк (Feher, Frank, 1936) и В.И. Тюльпанов (1970) придают влажности почвы в динамике почвенного фосфора решающее значение. Тюльпанов считает, что количество Р в почве повышается с уменьшением ее влажности в связи с ослаблением процесса мобилизации фосфора микроорганизмами. И.С. Кауричев и др. (1958), а также О.П. Алейникова (1969) установили, что количество фосфора во влажной почве и особенно при избыточном увлажнении увеличивается главным образом за счет накопления кислоторастворимых фосфатов, что имеет место при развивающихся в этих условиях восстановительных процессах. Однако В.А. Бутенко (1963) свиде-

тельствует, что характер изменения содержания фосфора не всегда находится в прямой связи с влажностью почвы. Амплитуда сезонных колебаний в содержании  $P_2O_5$  не совпадает с амплитудой изменения влажности почвы. Только значительное и длительное снижение или повышение содержания влаги приводит к изменению количества  $P_2O_5$  в почве.

Наши результаты, полученные при обработке данных информационными методами, также не показывают прямой связи между этими свойствами, хотя чаще повышенное содержание  $P_2O_5$  приурочено к почвам с влажностью выше 35%.

Содержание  $P_2O_5$  зависит от таких химических свойств почвы, как реакция почвенного раствора, содержание полуторных окислов закисного железа и обменного кальция (Иванов, 1962). А.Х. Кольцовым и Ф.Я. Михайловым (1969) установлена прямая корреляция между содержанием фосфора и рН почвенного раствора: чем выше рН, тем больше фосфора в почве. По нашим данным, наибольшее количество  $P_2O_5$  отмечается в почве при значениях рН 4,1-4,6. При более низких или высоких значениях рН количество фосфора меньше. Характер динамики фосфора также связан с изменением во времени указанных выше свойств. Так, по данным Э.М. Шмуровой (1955), динамика фосфора сходна с динамикой обменного кальция. Такое сходство мы отмечали в почве под всеми типами лесов в 1971 и 1972 гг., в 1970 г. — только под осняками. В 1969 г. мы не обнаружили общих черт в динамике фосфора и обменного кальция.

## Глава V

### ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ВРЕМЕНИ И МЕСТА НА СВОЙСТВА ПОЧВЫ

Как показали наши исследования и литературные данные, свойства почв в большей или меньшей степени динамичны во времени и в пространстве. Процессы, формирующие пространственную неоднородность свойств почв и определяющие их изменчивость во времени, протекают одновременно. В связи с этим возникает необходимость определения степени влияния на свойства почвы факторов времени, и места<sup>1</sup>, сравнения временной и пространственной изменчивости свойств почв и нахождения достаточного числа повторностей для получения достоверных результатов при изучении динамики свойств почв в условиях большой пестроты почвенного покрова.

При установлении причин, обуславливающих свойства почв и их изменчивость, мы сталкиваемся со сложным комплексом воздействующих факторов (параметров), среди которых определенное место

<sup>1</sup> Фактор времени отражает срок отбора образца в течение вегетационного периода, фактор места — положение образца в парцелле по отношению к ее эдификатору, по радиусу от ствола дерева.

занимают "время" и "место". Выделить характер влияния различных факторов на изучаемое явление и сравнить их степень влияния можно лишь с помощью методов, выявляющих количественные связи явления с факторами.

Для установления таких связей в последнее время успешно применяется метод "информационно-логического анализа природно-территориального комплекса" (Пузаченко, Мошкин, 1969). Этот метод неоднократно использовался в биологических и географических исследованиях (Львов и др., 1967; Пузаченко, 1969, 1970, 1971; Пузаченко и др., 1970; Выгодская, Пузаченко, 1969; Киселева и др., 1969; Лозинко и др., 1971; Киселева, 1972; Взуздаев, 1972; Карпачевский, 1972; Дайнеко, Фридланд, 1972; Дайнеко, Нешатаев, 1973).

Преимущества этого метода заключаются в применимости его без ограничений, которые обычно сопровождают статистические методы (требования линейности, непрерывности, упорядоченности анализируемого материала). При изучении факторов почвообразования это особенно важно, поскольку они часто дискретны, "взаимодействие их не линейно и заранее известный порядок во взаимоположении их состояний не всегда существует" (Дайнеко, Фридланд, 1972, с. 182). Применение данного метода позволяет: 1) определить количество информации, передаваемой от одного фактора или совокупности факторов (которыми могут быть любые из элементов изучаемой системы, в нашей работе - другие свойства почвы), к изучаемому явлению, свойству или элементу системы; 2) оценить меру связи, или меру влияния факторов, и установить порядок их воздействия на каждый элемент системы; 3) выявить характер "идеализированной зависимости" (Пузаченко, 1971) или выявить специфичность состояний, определить состояние явления (свойства), характерное для каждого состояния фактора (параметра) и т.д.

Кроме того, для установления специфичных связей состояний явления и факторов рассчитывается коэффициент связи  $C$  (по Генесу, 1967), представляющий собой отношение условной вероятности  $p(a_i/b_j)$  к общей вероятности для каждого ранга явления  $a_i$  по каждому параметру  $b_j$

$$C = \frac{p(a_i/b_j)}{p(a_i)}$$

В качестве специфичного в простейшем случае принимается то состояние явления, для которого  $C$  наибольший.

В работе мы используем некоторые положения информационно-логического метода для оценки связей: реакции почвы (рН), содержания поглощенных  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$  и количества подвижного фосфора (явления  $A$ ) с влажностью почвы, древесной породой, почвенным горизонтом, местом и временем отбора почвенных образцов (факторы  $B$ ). Отдельно рассматривается временной фактор "год" (погодные условия по годам). Кроме того, определяются связи между отдельными свойствами почв: рН (явление) и  $Al^{3+}$

Таблица 28

Зависимость между содержанием  $\text{Ca}^{2+}$  (А) и  $\text{Al}^{3+}$  (В) в дерново-подзолистой почве (мг-экв/100 г)

Состояния В	Состояния А								Частота состояний из В ( $b_j$ )
	1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7	
0,5	0,63	0,26	0,49	0,57	0,76	1,67	2,37	12,79	227
0,6-1,0	0,00	0,22	0,50	0,81	1,40	1,39	1,28	1,04	457
1,1-1,5	0,00	0,75	1,38	1,62	1,02	0,47	0,25	0,20	236
1,6-2,0	2,45	11,47	1,36	1,14	0,93	0,64	0,60	0,63	175
2,1-2,5	0,00	13,22	2,43	1,48	0,20	0,15	0,00	0,00	42
2,6-3,0	0,00	12,62	2,03	1,39	0,62	0,32	0,00	0,19	83
3,1	119,50	8,98	1,06	0,77	0,00	0,29	0,00	0,00	22
Частота состояний из $A(a_i)$	9	65	221	303	299	196	110	81	1284
Вероятность состояний из $A(p_{a_i})$	0,007	0,051	0,172	0,236	0,233	0,153	0,086	0,063	

$H(A) = 2,6553$  бит.  $H(B) = 2,4922$  бит.  $T(A, B) = 0,2819$  бит.  $K = 0,113$ .  
† - специфические состояния явления и фактора.

Таблица 29

Зависимость между содержанием  $\text{Al}^{3+}$  (А, мг-экв/100 г) и  $\text{pH}$  (В) дерново-подзолистой почвы

Состояния В	Состояния А								Частота состояний из В ( $b_j$ )
	0,5	0,6-1,0	1,1-1,5	1,6-2,0	2,1-2,5	2,6-3,0	3,1-3,5	3,6	
3,5-3,7	0,00	0,00	0,45	1,85	0,98	12,65	0,94	0,00	12
3,8-4,0	0,00	0,25	0,49	1,12	0,54	0,96	11,19	0,64	33
4,1-4,3	0,08	0,40	1,09	1,27	4,64	13,18	13,22	1,73	70
4,4-4,6	0,40	0,64	1,26	1,64	1,24	1,50	1,19	2,70	190
4,7-4,9	0,71	1,21	1,30	0,86	0,55	0,72	0,76	0,24	373
5,0-5,2	11,17	1,12	0,95	0,86	0,54	0,88	0,00	0,83	326
5,3-5,6	0,22	11,12	0,46	0,76	0,00	0,47	0,13	0,13	235
Частота состояний из $A(a_i)$	214	447	228	167	42	78	22	41	1239
Вероятность состояний из $A(p_{a_i})$	0,173	0,361	0,184	0,135	0,034	0,063	0,018	0,032	

$H(A) = 2,4900$  бит.  $H(B) = 2,3363$  бит.  $T(A, B) = 0,2161$  бит.  $K = 0,092$ .

(фактор),  $\text{Ca}^{2+}$  (явление) и  $\text{Mg}^{2+}$  (фактор),  $\text{Al}^{3+}$  (явление) и  $\text{Ca}^{2+}$  (фактор). В обработке информационным методом использованы данные анализов 2000 образцов из горизонтов  $A_1$  и  $A_{1A_2}$ .

Анализ полученных результатов показал высокую степень взаимосвязи отдельных свойств почв. В большей мере это относится к содержанию в почве поглощенных  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Al}^{3+}$  и связи реакции



Таблица 30

Зависимость между содержанием  $P_2O_5$  ( $A$ , мг/100 г) и влажностью дерново-подзолистой почвы ( $B$ , %)

Состояния $B$	Состояния $A$							Частота состояний из $B(b_j)$
	1	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11	
11-15	†2,02	†1,22	0,39	0,49	0,00	0,00	0,00	55
16-20	0,49	1,11	†1,14	1,06	1,71	0,00	1,55	60
21-25	1,06	0,98	0,82	1,09	†2,05	1,42	0,00	83
26-30	1,36	1,08	0,99	0,47	0,53	0,00	†1,44	194
31-35	†1,19	1,17	0,92	0,51	0,48	0,74	0,00	212
36-40	0,85	0,90	1,08	1,27	0,92	1,48	†2,00	186
41-45	0,69	0,79	1,17	†1,92	0,81	1,55	0,00	127
46	0,33	0,77	1,21	1,54	2,57	†2,60	†2,63	106
Частота состояний из $A(a_i)$	175	428	240	113	30	26	11	1023
Вероятность состояний из $A(p_{a_i})$	0,171	0,148	0,235	0,110	0,029	0,025	0,011	

$H(A) = 2,1578$  бит.  $H(B) = 2,8459$  бит.  $T(A, B) = 0,0935$  бит.  $K = 0,033$ .

Таблица 31

Зависимость между содержанием  $P_2O_5$  ( $A$ , мг/100 г) и pH дерново-подзолистой почвы ( $B$ )

Состояния $B$	Состояния $A$							Частота состояний из $B(b_j)$
	Следы	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11	
3,5-3,7	0,80	0,86	0,69	†1,82	1,04	1,15	-	19
3,8-4,0	0,73	1,01	†1,67	0,13	†1,86	-	2,30	42
4,1-4,3	0,32	1,11	1,20	0,78	0,41	†1,11	2,10	96
4,4-4,6	1,03	†1,13	0,97	0,64	0,96	†1,15	1,60	189
4,7-4,9	1,03	0,98	1,07	1,03	0,82	0,85	1,10	380
5,0-5,2	0,98	0,93	0,81	†1,42	1,18	1,00	-	199
5,3-5,5	2,12	0,71	0,44	1,27	†2,30	2,17	-	50
Частота состояний из $A(a_i)$	64	414	223	169	50	45	10	975
Вероятность состояний из $A(p_{a_i})$	0,066	0,425	0,229	0,173	0,051	0,046	0,010	

$H(A) = 2,1980$  бит.  $H(B) = 2,2929$  бит.  $T(A, B) = 0,0476$  бит.  $K = 0,021$ .

почвы с количеством обменного алюминия (табл. 28-31)<sup>1</sup>. Как указывалось выше, рассматриваемые свойства почвы тесно взаимосвязаны: повышенному количеству  $Ca^{2+}$  соответствует малое содержание  $Al^{3+}$ , и наоборот, а при низких значениях pH, как правило, в почве больше обменного  $Al^{3+}$ .

<sup>1</sup> В табл. 28-31 приводятся значения коэффициентов связи, а не величины условных вероятностей, как это обычно делалось ранее при представлении результатов информационно-логического метода.

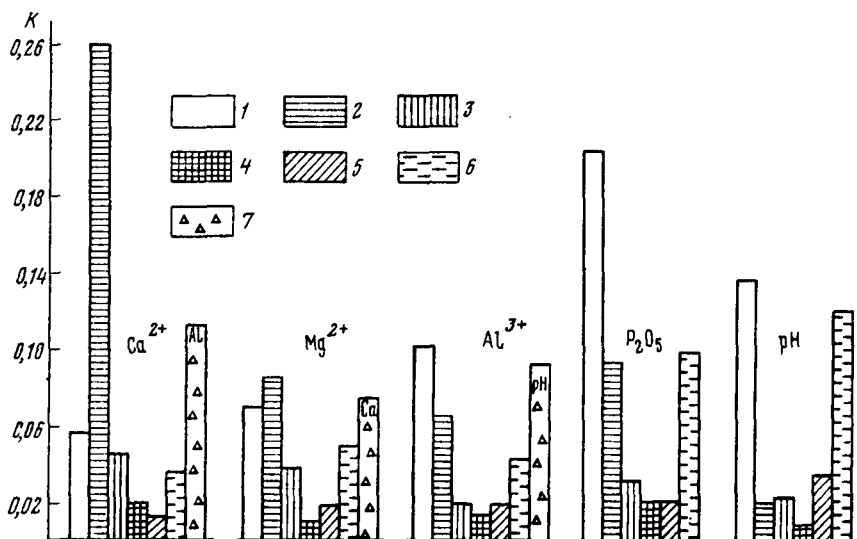


Рис. 25. Характеристика связи химических свойств дерново-подзолистых почв с некоторыми факторами (по данным информационного анализа)

$K$  – коэффициент эффективности передачи информации от фактора к явлению (свойству). 1 – древесная порода; 2 – горизонт почвы; 3 – влажность почвы; 4 – место в парцелле; 5 – временной фактор; 6 – год; 7 – свойство почвы

Среди изучаемых факторов по степени влияния на содержание в почве поглощенных оснований главными являются "почвенный горизонт" и "древесная" порода"; на количество подвижного фосфора и pH почвы в первую очередь влияют "древесная порода" и "год" (рис. 25). Другими словами, особенности указанных химических свойств верхней почвенной толщи (0–10 см) определяются: 1) влиянием растительности, или типом биогеоценоза, и 2) дифференциацией почвенного профиля на горизонты, или степенью выраженности почвенных горизонтов.

Большие меры связи фактора "год" со всеми изучаемыми свойствами характеризуют высокую степень зависимости свойств почв от климатических особенностей периодов наблюдений, иногда резко отличных год от года. Наиболее четко на такие изменения реагируют, судя по высоким коэффициентам эффективности ( $K$ ) передачи информации от этого фактора [ $K(A, B) = T(A, B)/H(B)$ , где  $T$  – количество информации, поступающей от данного фактора,  $H$  – неопределенность информации], pH почвы и содержание фосфора. Влияние фактора "год" на количество поглощенных оснований в почве меньше, тем не менее и здесь он является более информативным, чем такой важный фактор, как влажность почвы. Влажность почвы сама по себе отражает особенности погоды периодов

наблюдений, фактор "год" включает в себя и комплекс климатических показателей, и связанную с ним специфику развития растительности в отдельные годы наблюдений.

При сравнении влияния времени и места выявляется, что связь рН,  $Mg^{2+}$  и  $Al^{3+}$  в почве с временным фактором (срок отбора образца) выше, чем с пространственным (место), а для количества  $Ca^{2+}$  и  $P_2O_5$  в почве меры связи с этими факторами различаются незначительно (несколько больше связь с пространственным фактором).

На фоне других факторов влияние факторов времени и места невелико, значения  $K$  от этих параметров малы, но статистический критерий достоверности  $\chi^2$  ( $\chi^2 = 2TN$ , где  $N$  – число определений) свидетельствует о значимости их влияния. Для разных свойств почв степень воздействия указанных факторов может быть различной.

Статистический метод оценки связей явления и факторов – дисперсионный анализ – также выявил, что "время" и "место" (организованные факторы) влияют на содержание поглощенных оснований в горизонте  $A_1$  почвы под хвойными и лиственными лесами по сравнению в прочими (случайными) факторами в очень небольшой степени. Влияние их оценивается в 0,1 против 0,9 (табл. 32). Тем не менее и с помощью статистического метода установлено, что место отбора образцов с достоверностью 0,999 влияет на количество обменного  $Ca^{2+}$  в горизонте  $A_1$  (0,5 см) дерново-подзолистой почвы при незначимости воздействия фактора времени. На содержание же  $Mg^{2+}$  достоверно лишь влияние времени, что согласуется с данными информационного анализа, указывающими на большую связь количества  $Mg^{2+}$  в почве с временным фактором, чем с пространственным.

Приведенные выше результаты дисперсионного анализа при совместной обработке результатов (данных по почвам под хвойными и лиственными лесами) дают общее представление о влиянии времени и места на свойства дерново-подзолистых почв без учета различий в свойствах, связанных с влиянием типа леса.

Дисперсионный анализ данных, полученных при изучении свойств почв под разными типами леса (сосновые насаждения 20, 60 и 85 лет и липняк), выявил, что для отдельных типов степень воздействия этих факторов на свойства почвы может существенно различаться (табл. 33). Так, в молодом сосняке достоверно (с вероятностью 0,95) влияет на содержание обменного  $Al^{3+}$  фактор времени; в почве под 60-летним насаждением сосны временной параметр оказывает существенное влияние на содержание поглощенных оснований, а в старой 85-летней сосновой культуре на свойства почвы значимо воздействие и времени, и места. В почве под липняком содержание поглощенного  $Ca^{2+}$  определяется в большей степени пространственным фактором, чем временным.

Таким образом, с помощью информационных и статистических методов установлено, что роль факторов времени и места в определении таких свойств почв, как содержание поглощенных основа-

Таблица 32

Результаты дисперсионного анализа оценки связей содержания поглощенных оснований в горизонте  $A_1$  (0-5 см) дерново-подзолистой почвы с параметрами "время" и "место" (обработка данных анализов почв под всеми изучаемыми типами леса)

Показатель	Ион	$E^*$	$P$	$EP$	$X$	$Z$	$Y$
Дисперсия	Ca	4,4	39,6	2,8	46,8	645,5	692,2
	Mg	11,4	3,8	0,6	15,8	212,2	228,0
	Al	5,9	0,6	1,6	8,1	259,6	267,7
Степень влияния ( $\eta^2$ )	Ca	0,006	0,057	0,004	0,067	0,930	-
	Mg	0,050	0,016	0,002	0,068	0,930	-
	Al	0,022	0,002	0,006	0,030	0,970	-
Число степеней свободы ( $\nu$ )	Ca	3	3	9	15	272	287
	Mg	3	3	9	15	272	287
	Al	3	3	9	15	272	287
Девята ( $\delta^2$ )	Ca	1,47	13,20	0,31	3,12	2,37	-
	Mg	3,80	1,30	0,07	1,05	0,78	-
	Al	2,00	0,20	0,18	0,54	0,95	-
Показатель достоверности влияния ( $F$ )	Ca	0,62	5,57	0,13	1,32	-	-
	Mg	4,87	1,67	0,09	1,35	-	-
	Al	2,10	0,21	0,19	0,57	-	-

\*  $E$  - фактор времени,  $P$  - фактор места,  $EP$  - их совместное влияние,  $X$  - организованные факторы,  $Z$  - случайные факторы,  $Y$  - результативный признак.

ний, на фоне других факторов ("древесная порода", "почвенный горизонт", "травяной покров" - Киселева, 1972) невелика. Тем не менее их влияние может быть значимо, причем для разных свойств в разной степени. Учет влияния времени и места в почвенных исследованиях позволит получить действительное и более полное представление о свойствах почвы и особенностях почвенного покрова. Наряду с оценкой мер связи свойств почв с факторами "время" и "место" сравнивалась степень изменчивости свойств во времени и пространстве. Для этой цели применялась одна из основных статистических характеристик - коэффициент вариации ( $V$ ):  $V_1$  - для оценки изменчивости свойств почв во времени,  $V_2$  - то же, в пространстве. Коэффициент  $V_1$  вычислялся как для каждого участка парцеллы, так и для парцеллы в целом, в последнем случае он представлял собой среднюю величину из  $V_1$  для отдельных зон парцеллы. Коэффициент  $V_2$  характеризовал изменчивость свойств почв в пределах парцеллы в момент отбора образцов в течение вегетационного периода (среднее из  $V_2$  по срокам). Для сопоставления временной и пространственной изменчивости свойств почв в пределах парцеллы использовались средние величины коэффициентов вариации.

Сравнение динамичности изучаемых свойств верхних горизонтов ( $A_1$ ,  $A_1A_2$ ) дерново-подзолистых почв по коэффициентам изменчивости во времени ( $V_1$ ) показывает, что наиболее вариабельным является содержание  $Al^{3+}$ ,  $Mg^{2+}$  и подвижного фосфора (табл. 34).

Таблица 33

Связь содержания поглощенных оснований в горизонте  $A_1$  дерново-подзолистой почвы под различными типами леса с временным и пространственным факторами (результаты дисперсионного анализа)

Тип леса	Показатель	Ион	E	P	EP	X	Z	Y
Сосняк злаково-разнотравный 20 лет	$\eta^2$	Ca	0,17	0,12	0,28	0,58	0,42	1,00
		Mg	0,07	0,01	0,06	0,14	0,86	1,00
		Al	0,24	0,11	0,05	0,40	0,60	1,00
	F	Ca	0,33	0,70	0,53	0,47	-	-
		Mg	0,62	0,36	0,60	0,57	-	-
		Al	3,24	4,18	0,66	2,28	-	-
Сосняк лещиново-костянично-лотиковый 60 лет	$\eta^2$	Ca	0,61	0,03	0,08	0,73	0,27	1,00
		Mg	0,35	0,01	0,12	0,49	0,51	1,00
		Al	0,47	0,14	0,05	0,66	0,34	1,00
	F	Ca	24,02	1,26	1,08	5,72	-	-
		Mg	7,40	0,12	0,87	2,02	-	-
		Al	14,76	4,49	0,58	4,19	-	-
Сосняк лещиново-костянично-кисличный 85 лет	$\eta^2$	Ca	0,19	0,23	0,17	0,59	0,41	1,00
		Mg	0,30	0,19	0,10	0,58	0,42	1,00
	F	Ca	6,10	5,70	1,40	3,10	-	-
		Mg	9,45	4,40	0,78	2,90	-	-
Липняк волосяносоосовый	$\eta^2$	Ca	0,02	0,19	0,10	0,31	0,69	1,00
		Mg	0,06	0,02	0,16	0,25	0,75	1,00
		Al	0,10	0,15	0,04	0,31	0,70	1,00
	F	Ca	0,27	3,39	0,56	1,00	-	-
		Mg	0,66	0,33	0,92	0,66	-	-
		Al	1,20	2,80	0,40	1,00	-	-

Меньше всего по величине – коэффициенты вариации pH. По материалам 1971 и 1972 гг. в среднем для парцеллы по степени изменчивости содержания некоторых элементов в дерново-подзолистой почве во времени можно представить следующие ряды:

Горизонт  $A_1$  Al > P > Mg > Ca > pH

Горизонт  $A_1A_2$  P > Al > Mg > Ca > pH

Для почв под изучаемыми типами леса они выглядят следующим образом:

	Горизонт $A_1$	Горизонт $A_1A_2$
Березняк 50 лет	Al > P > Mg > Ca > pH	P(Al) * > Al(P) > Mg > Ca > pH
Березняк 85 лет	Al > P > Ca > Mg > pH	P > Al > Mg > Ca > pH
Сосняк 78 лет	P > Al > Mg > Ca > pH	P(Al) > Al(P) > Mg > Ca > pH
Ельник	Al > P > Mg > Ca > pH	P > Al > Mg > Ca > pH

\*В скобках даны результаты 1972 г.

Таблица 34

Варьирование некоторых свойств дерново-подзолистых почв во времени ( $V_1$ ) и пространстве ( $V_2$ ) в горизонтах  $A_1$  и  $A_1A_2$  (%)

Тип леса	Зона	1971 г.				1972 г.				
		$A_1$		$A_1A_2$		$A_1$		$A_1A_2$		
		$V_1$	$V_2$	$V_1$	$V_2$	$V_1$	$V_2$	$V_1$	$V_2$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
$Ca^{2+}$ , мг-экв/100 г почвы										
Березняк	Parcelла в	14	17	19	38	13	18	22	19	
волосисто-	целом									
осоковый	У ствола	18	56	16	16	13	25	23	19	
50 лет	0,7 м	18	18	18	20	14	19	26	26	
	1,4 м	16	13	22	23	6	7	20	18	
	2,1 м	13	20	19	18	20	17	21	25	
Ельник ле-	Parcelла в	27	35	33	54	25	30	30	39	
щиново-	целом									
костянично-	У ствола	26	34	34	47	43	30	37	15	
кисличный	0,7 м	22	21	29	40	21	22	25	33	
	1,4 м	25	22	37	42	12	27	29	28	
	2,1 м	35	24	40	36	23	25	26	19	
$Mg^{2+}$ , мг-экв/100 г почвы										
Березняк	Parcelла в	22	27	34	35	25	26	22	22	
волосисто-	целом									
осоковый	У ствола	25	24	38	34	22	18	36	15	
85 лет	0,7 м	15	19	21	22	30	32	14	25	
	1,4 м	21	16	35	30	30	26	25	27	
	2,1 м	26	16	43	25	18	5	14	16	
Сосняк ле-	Parcelла в	30	19	31	27	26	30	34	35	
щиново-хво-	целом									
шово-люти-	У ствола	32	20	26	18	30	30	62	39	
ковый	0,7 м	26	19	21	14	20	24	34	34	
78 лет	1,4 м	33	26	29	12	29	27	24	23	
	2,1 м	30	18	42	29	37	39	40	26	
$Al^{3+}$ , мг-экв/100 г почвы										
Березняк	Parcelла в	40	43	40	47	38	71	41	48	
волосисто-	целом									
осоковый	У ствола	46	56	55	44	24	55	38	59	
85 лет	0,7 м	33	47	39	42	60	65	53	71	
	1,4 м	40	32	38	30	50	21	42	31	
	2,1 м	42	29	30	32	17	0	32	2	
Сосняк	Parcelла в	30	41	31	45	45	75	37	51	
лешиново-	целом									
хвошово-	У ствола	52	34	33	28	65	65	80	25	
лютиковый	0,7 м	21	38	25	27	42	56	29	19	
78 лет	1,4 м	33	41	42	55	26	44	15	37	
	2,1 м	13	36	32	36	52	23	39	55	
Ельник	Parcelла в	48	43	41	40	52	39	28	29	
лешиново-	целом									
костянич-	У ствола	33	55	42	54	80	72	33	37	
но-кислич-	0,7 м	44	38	35	25	45	40	23	23	
ный	1,4 м	53	38	43	40	31	58	14	12	
	2,1 м	62	46	45	44	50	67	42	40	

Таблица 34 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_2O_5$ , мг/100 г почвы									
Березняк волосисто- осоковый 95 лет	Parcelла в целом	32	34	45	39	43	50	62	59
	У ствола	25	26	47	55	49	55	43	41
	0,7 м	31	30	32	40	49	51	51	71
	1,4 м	33	25	37	55	47	48	78	63
	2,1 м	38	6	65	50	26	20	75	33
Сосняк лещиново- хвощово- лютиковый 78 лет	Parcelла в целом	56	42	46	31	62	53	35	10
	У ствола	58	22	60	23	23	23	2	0
	0,7 м	45	46	53	12	70	23	2	0
	1,4 м	77	33	27	21	85	70	47	0
	2,1 м	45	28	43	33	70	23	23	0
Ельник лещиново- костянич- но-кислич- ный	Parcelла в целом	45	53	48	47	49	61	59	86
	У ствола	33	41	55	64	43	51	84	89
	0,7 м	45	31	52	35	44	39	37	78
	1,4 м	34	41	37	28	58	27	78	71
	2,1 м	68	27	48	4	62	33	35	17

Сравнение изменчивости свойств горизонтов  $A_1$  и  $A_1A_2$  показывает, что в последнем содержание фосфора во времени колеблется больше, чем  $Al^{3+}$ , но по временной вариабельности в горизонте  $A_1$   $Al^{3+}$  занимает первое место среди других свойств (за исключением почвы под сосняком 78 лет). В пространстве содержание  $Al^{3+}$  и подвижного фосфора в верхней почвенной толще более изменчиво по сравнению с другими свойствами почвы.

Отметим, что сравнение временного и пространственного варьирования различных свойств почв по коэффициентам вариации довольно условно, поскольку указать границы, при которых одни коэффициенты считаются большими, а другие — малыми, трудно, что связано со спецификой самих свойств почвы (Дмитриев, 1972). Так, в ряду изучаемых нами свойств почв по величине  $V_1$  реакция почвы занимает последнее место. Тем не менее, по нашим наблюдениям, pH почвы быстрее реагирует на изменение условий среды, например влажности, чем содержание  $Ca^{2+}$ , что подтверждает указанную выше условность сравнения коэффициентов вариабельности разных свойств. Более успешным может быть сравнение коэффициентов временного и пространственного варьирования каждого отдельного свойства почвы в парцелле и по ее зонам в различных типах леса (см. табл. 34).

Содержание обменного кальция в горизонтах  $A_1$  и  $A_1A_2$  в пространстве варьирует в большей степени, чем во времени, в почвах под ельником и березняком 50 лет, а под сосняком 78 лет и старым березняком пространственное и временное варьирование его количества одинаково. Одинаковы значения  $V_1$  и  $V_2$  и на участках, удаленных от ствола на 0,7 м, реже — 1,4 м, а для

почв на границах проекций крои характерна большая временная изменчивость, чем пространственная.

Колебания количества поглощенного магния в почвах под всеми типами леса по средним для парцеллы  $V_1$  и  $V_2$  незначительно различаются между собой. Особенно близки значения коэффициентов вариации в 1972 г. Сравнение же показателей варьирования свойств почв зон парцелл свидетельствует о том, что временная изменчивость содержания  $Mg^{2+}$  в почве участков парцелл больше, чем пространственная, т.е. равноудаленные от стволов деревьев зоны парцелл по содержанию  $Mg^{2+}$  в почве различаются в меньшей степени, чем каждая отдельная зона парцеллы по сезонам.

Колебания в количествах обменного алюминия в горизонте  $A_1$  почв под березовыми и сосновыми (78 лет) лесами в пределах парцеллы (в среднем) больше, чем изменчивость его содержания во времени, в то время как в периферийных зонах наблюдается обратная картина. В ельнике, по данным наблюдений за два года, временное варьирование, как правило, превышало пространственное в почвах парцеллы и ее зон. Показатели изменчивости количества  $Al^{3+}$  наиболее отличны в самом верхнем (0-5 см) почвенном слое.

Изменчивость содержания подвижного фосфора во времени в зонах парцелл, как правило, больше, чем в пространстве в почвах всех типов леса, кроме ельника, где показатели временной вариабельности выше лишь на периферийных участках парцелл (2,1 м от ствола). Сравнение средних для парцеллы коэффициентов вариации обнаруживает большие пространственные колебания ее количества.

Выявить какие-либо определенные соотношения между варьированием во времени и в пространстве рН почвы не удалось, поскольку в один год (1971)  $V_1$  и  $V_2$  были равны, в другой (1972) - пространственная изменчивость была выше временной. Тем не менее в почвах зон, наиболее удаленных от стволов деревьев, в течение обоих периодов наблюдений колебания во времени были больше пространственных.

Указанные соотношения временного и пространственного варьирования некоторых свойств дерново-подзолистых почв в горизонтах  $A_1$  (0-5 см) и  $A_1A_2$  (5-10 см) показывают, что высокое варьирование свойств почв в пределах парцеллы (пространственное) чаще всего перекрывает временное. В зонах парцелл, где варьирование свойств почв в пространстве меньше, чем в парцелле, изменчивость их во времени проявляется в большей степени. В этом смысле особенно показательны участки, наиболее удаленные от стволов деревьев.

Таким образом, при изучении динамики свойств лесных почв, даже в пределах относительно небольших по площади участков (парцелла биогеоценоза), без учета их изменчивости в пространстве полученные результаты не всегда отражают действительные колебания свойств почв во времени.

При изучении того или иного свойства почвы следует определить необходимое число образцов для получения достоверных результатов. Расчеты выполнялись по формуле  $n = (\delta \cdot t_p / D)^2$ , где



Таблица 35

Число повторностей для получения значимых результатов при изучении динамики свойств дерново-подзолистых почв под различными типами леса (с вероятностью 0,95, в скобках - 0,90)

Тип леса	Зона	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	pH
Березняк воло- систоосоко- вый 50 лет	Parcelла в целом	60(45)	25(20)	65(45)	40(30)	70(50)
	У ствола	12(9)	5(3)	20(15)	20(15)	60(45)
	0,7 м	56(40)	15(11)	30(20)	25(20)	5(4)
	1,4 м	40(30)	40(30)	45(30)	6(4)	10(7)
	2,1 м	50(35)	50(40)	10(5)	4(3)	12(10)
Березняк воло- систоосоковый 85 лет	Parcelла в целом	75(50)	50(35)	45(30)	23(15)	30(25)
	У ствола	60(45)	50(35)	40(30)	20(15)	10(7)
	0,7 м	75(55)	12(8)	15(9)	5(4)	30(20)
	1,4 м	10(5)	10(7)	6(4)	10(7)	20(15)
	2,1 м	12(9)	3(2)	7(4)	2(1)	15(10)
Сосняк лещино- во-хвошово- лютиковый 78 лет	Parcelла в целом	130(90)	15(10)	145(105)	10(7)	55(40)
	У ствола	10(7)	4(3)	50(35)	6(4)	25(20)
	0,7 м	5(4)	8(6)	20(15)	4(3)	45(35)
	1,4 м	70(45)	8(6)	35(25)	3(2)	35(25)
	2,1 м	200(140)	5(4)	10(7)	9(6)	35(25)
Ельник лещи- ново-костянич- но-кисличный	Parcelла в целом	65(45)	40(30)	55(40)	25(20)	30(25)
	У ствола	13(10)	6(4)	10(7)	35(25)	30(20)
	0,7 м	12(9)	10(7)	40(30)	6(4)	8(6)
	1,4 м	8(6)	23(16)	120(90)	10(7)	15(11)
	2,1 м	26(20)	4(3)	20(15)	4(3)	14(10)

$\delta$  - среднее квадратическое отклонение,  $t_p$  - критерий Стьюдента при показателе точности 5%,  $D$  - разность средних значений. Результаты расчетов приведены в табл. 35. Согласно нашим данным, при изучении свойств почв, изменчивость которых во времени значительно превышает пространственную вариабельность, требуется меньшее число проб (например, для изучения динамики Mg<sup>2+</sup> и подвижного фосфора); при исследовании почв по зонам parcelл требуется значительно меньшее количество почвенных образцов, чем для parcelлы в целом; при изучении динамики свойств под различными типами леса в одних и тех же условиях внешней среды под лиственными лесами можно отбирать меньше почвенных образцов, чем под хвойными, поскольку, как указывалось выше, почвы в последних более неоднородны в пространстве по своим свойствам.

Отметим, что данные табл. 35 получены путем обработки результатов динамики свойств почв в 1971 г., среднем по климатическим показателям. Несомненно, погодные условия каждого года вносят свои коррективы. Так, в чрезвычайно засушливом 1972 г. для получения значимых результатов при изучении динамики поглощенного Mg<sup>2+</sup> необходима была 100-кратная повторность почвенных образцов в parcelле вместо 15-кратной в 1971 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При исследовании свойств дерново-подзолистых почв и их динамики в пределах парцелл различных типов лесных биогеоценозов выявлены следующие особенности.

1. Почвы под лиственными и хвойными лесами, находящимися в одинаковых условиях внешней среды, отличаются главным образом свойствами верхней части почвенного профиля (горизонты  $A_1$  и  $A_1A_2$ ), тесно связанной с особенностями органического материала, поступающего на поверхность почвы с опадом.

2. Верхняя толща почвы (0–30 см) характеризуется высоким варьированием свойств даже в пределах относительно небольших участков биогеоценозов (например, парцелл), что свидетельствует о том, что она является зоной, наиболее активно реагирующей на изменение условий среды.

3. По своим свойствам (влажность, pH, содержание поглощенных оснований и подвижного фосфора) почвы зон парцелл, определяемых расстоянием от ствола дерева-эдификатора, различаются между собой. Варьирование свойств почв зон парцеллы меньше, чем парцеллы в целом.

4. Наиболее изменчивы во времени свойства верхних горизонтов почвы ( $A_1$  и  $A_1A_2$ ), которые активно преобразуются растениями и используются ими в качестве источника воды и минерального питания.

5. Значительное количество элементов минерального питания образуется при разложении лесной подстилки. Период интенсивной минерализации подстилки во всех изученных лесах приходится на конец весны – начало лета. Разложение поступающих на поверхность почвы растительных остатков в хвойных и лиственных лесах различается по количественным и качественным показателям. Различия состоят как в скорости разложения подстилки (в лиственных лесах она разлагается в 2 раза быстрее, чем в хвойных), так и в характере выноса и накопления химических элементов, образующихся при разложении (например, в еловой подстилке концентрируется Са в отличие от лиственной, где менее подвижным элементом является Al).

В пределах парцеллы разложение подстилки идет с разной интенсивностью. Зоны наиболее активной минерализации приурочены к участкам, удаленным от стволов деревьев на расстояние 2,1 м (граница проекции кроны).

6. Характер изменений свойств почв под лиственными и хвойными

ми лесами в течение вегетационного периода в основных чертах одинаков. Большая амплитуда колебаний всех свойств отмечается в почвах под хвойными (особенно еловым) лесами.

7. Наблюдаются различия в амплитуде колебаний свойств почв по годам и смещение сроков максимальных и минимальных значений. Наиболее заметна изменчивость свойств почв во времени в течение периодов наблюдений с четко выраженными сезонами (например, как в 1970 г.).

8. Динамика содержания поглощенных  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  и подвижного фосфора характеризуется, как правило, наличием двух наиболее выраженных максимумов – в начале лета и осенью – и уменьшением их количеств в середине вегетационного периода. Колебания в содержании  $\text{Ca}^{2+}$  по сезонам составляют в горизонте  $A_1$  2–2,5 мг-экв/100 г,  $\text{Mg}^{2+}$  – 1–1,5 мг-экв/100 г,  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 1–5 мг/100 г.

Содержание поглощенных кальция, магния и подвижного фосфора в горизонтах  $A_1$  и  $A_1A_2$  дерново-подзолистых почв обусловлено поступлением указанных элементов в почву главным образом при минерализации растительного опада и подстилки (максимальной осенью и в начале лета) и выносом этих элементов из почвы в основном за счет потребления растениями. Интенсивность процессов минерализации в течение вегетационного периода определяется сложным взаимодействием самых разных факторов внешней среды: климатических, растительности, микробиологической деятельности и др. Как правило, первые из них играют ведущую роль. Климатические факторы определяют и особенности фаз развития растительности и связанный с ними характер потребления элементов минерального питания.

С интенсивностью процессов разложения подстилки и свойствами продуктов ее распада связаны и сезонные колебания pH почвы и содержания в ней обменного алюминия. Наиболее низкие значения pH отмечаются чаще всего весной и осенью, летом, как правило, гумусовые горизонты менее кислые. Амплитуда колебаний pH в  $A_1$  – 0,3–0,8 ед., в  $A_1A_2$  – 0,5–0,9 ед.

В динамике обменного  $\text{Al}^{3+}$  отмечается как уменьшение его количества летом при снижении почвенной кислотности, так и некоторое увеличение в летнее время (июнь–июль), связанное с активным потреблением  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в этот период и внедрением  $\text{Al}^{3+}$  в ППК. Различия между сезонами в количестве  $\text{Al}^{3+}$  в почве могут составлять 0,3–2,0 мг-экв/100 г почвы. Меньшие величины колебаний характерны для почв под лиственными лесами.

9. Характеристика динамики свойств почв по средним значениям не всегда дает реальное представление об изменчивости их во времени ввиду большой пространственной неоднородности свойств лесных почв даже в пределах относительно небольших по площади участков лесных биогеоценозов – парцелл. Пространственное варьирование здесь, как правило, перекрывает временное.

В зонах парцелл, меньших по площади и более однородных по свойствам почв, изменчивость свойств почв во времени более заметна.

В связи с тем, что зоны парцелл отличаются условиями почвообразования (различные влажность и температура почвы, неравномерное распределение подстилки и развитие травяного покрова и т.д.) и свойствами почвы, создаются различия и в сезонном ходе почвенных процессов на этих участках. Так, временные колебания свойств почв участков парцелл часто имеют разную амплитуду (наибольшая – в почвах периферийных зон), а иногда и прямо противоположны по направленности изменений. Усредненная кривая хода динамики свойств почв (по средним для парцеллы значениям) скрывает своеобразие изменчивости свойств почв во времени в зонах парцеллы, особенно при противоположном направлении сезонных изменений на этих участках.

10. Определение степени воздействия факторов времени и места на свойства почв с помощью информационного и дисперсионного анализов выявило, что влияние их на фоне других факторов (например, "древесная порода" или "год") невелико, но статистически достоверно. Связь более динамичных свойств почв с временным фактором выше, чем с пространственным (например, pH или содержание  $Mg^{2+}$ ), а для менее изменчивого во времени количества  $Ca^{2+}$  меры связи с указанными факторами почти равны. Другими словами, при изучении динамики более "мобильных" свойств почв срок отбора образца влияет на результат анализа в большей степени, чем положение образца в парцелле.

11. Сравнение варьирования свойств почв во времени и пространстве показало, что для получения достоверных результатов при изучении динамики свойств лесных почв на фоне их большой пространственной неоднородности требуется большое количество образцов. Так, значимые сезонные различия pH (с вероятностью 0,95) могут быть получены в среднем при 50-кратной повторности проб в каждый срок отбора, а обменного  $Ca^{2+}$  – 70-кратной. Число проб для зон парцелл значительно меньше, чем для парцеллы в целом.

12. В связи с большой изменчивостью свойств почв в пространстве мы пришли к заключению, что динамику почвенных процессов следует изучать на строго определенных участках ограниченной площади. Для более полной характеристики "динамических" свойств лесных почв имеет смысл отбирать почвенные пробы на площадях, различающихся положением по отношению к стволам деревьев. Повторность отбора образцов должна быть определена заранее, в результате предварительных исследований свойств почв и особенностей почвенного покрова территории.

13. Поскольку одновременный отбор большого и не всегда одинакового количества почвенных образцов в поле трудоемок, по-видимому, для изучения динамики свойств почв более перспективны методы, предполагающие исследование изменчивости свойств во времени без нарушения почвенной структуры и позволяющие получить данные в любой требуемой точке в достаточной повторности (например, применение ионообменных смол для изучения динамики поглощенных оснований) (Карпачевский, Киселева, 1969; Гришина,

Генералова, 1973). Наблюдения за сезонной динамикой некоторых свойств дерново-подзолистых почв под различными типами леса вскрывают качественные и количественные различия в биологическом круговороте в почвах под лесом даже в пределах такой относительно однородной биогеоценотической единицы, как парцелла.

Детальное изучение особенностей динамики свойств почв зон парцелл, участков с разной интенсивностью биологического круговорота, дает дополнительные данные для выяснения специфики почвообразовательного процесса и неоднородности его проявления в пространстве, способствует выявлению причин формирования анизотропности почвенного покрова в лесу.

Изучение свойств почв, особенностей их динамики должно быть основано на строгом учете пространственной неоднородности свойств почв в пределах биогеоценоза. Пестроту почвенного покрова необходимо учитывать и при составлении почвенных карт. Как показывают детальные исследования почвенного покрова в лесных биогеоценозах, в пределах парцелл почвенные профили могут сменять друг друга и относиться к разным классификационным группам, например к подзолистым и дерново-подзолистым (Карпачевский, 1972). Это не дает возможности характеризовать биогеоценоз одной почвенной разностью и вызывает необходимость характеристики почвы по особенностям распределения показателей отдельных свойств почвы, например по мощности горизонтов  $A_1$ ,  $A_2$ . "Средний" профиль скрывает особенности почвы под лесом. Точное отнесение исследуемой почвы к тому или иному типу, подтипу и т.д. и изучение особенностей условий почвообразования и свойств почв на различных участках леса, например по зонам парцелл, дает возможность составить и более полные характеристики лесорастительных и агрохимических свойств лесных почв, необходимых для успешного ведения лесного хозяйства. Так, установлено, что в дубо-ельнике волосистоосоковом в окнах и на границах проекций крон, зонах активного биологического круговорота (Карпачевский, 1972), наиболее устойчиво естественное возобновление леса. Таким образом, целесообразно способствовать естественному лесовозобновлению с помощью рубок ухода именно на этих участках леса.

Пестроту почвенного покрова следует учитывать при создании искусственных насаждений для размещения растений в более благоприятных для их роста условиях.

Таким образом, детальные исследования свойств почв и их изменчивости во времени и пространстве способствуют решению теоретических, методических и связанных с ними практических проблем.

## ЛИТЕРАТУРА

- Абрамова М. М.* Сезонная изменчивость некоторых химических свойств лесной подзолистой почвы. — Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева, 1947, т. 25, с. 228–273.
- Абрамович Д. И.* Река Пахра как пример малых рек Московской области. — Тр. Ин-та географии АН СССР, 1946, т. 38, 51 с.
- Адерихин П. Г.* Динамика поглощенных катионов и емкости поглощения в разных почвах. — Почвоведение, 1940, № 2, с. 67–77.
- Алейникова О. П.* Валовое содержание химических элементов и динамика подвижного алюминия в дерново-подзолистой почве на пылеватом суглинке. — В кн.: Агрохимическая характеристика почв БССР. Минск, 1969, с. 61–68.
- Алехин В. В.* Растительность и геоботанические районы Московской и сопредельных областей. М.: МОИП, 1947. 69 с.
- Алешина А. К.* Динамика питательных веществ под некоторыми типами дубового леса. — Тр. Ин-та леса АН СССР, 1954, т. 15, с. 329–343.
- Арвисто Э., Рейнтам Л.* Скорость разложения органического вещества и процесс гумусообразования в почвах ельников Эстонии. — В кн.: Биологическая продуктивность ельников. Тарту, 1971, с. 21–26.
- Аргунова В. А.* Исследование форм и миграции фосфора в подзолистых почвах: Автореф. дис. . . канд. с.-х. наук. М., 1974. 16 с.
- Аринюшкина Е. И.* Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
- Аристовская Т. В.* Микробиология подзолистых почв. М.; Л.: Наука, 1965. 186 с.
- Атромайко А. И.* Выделение корнями растений минеральных веществ. — Изв. АН СССР, 1936, № 1, с. 215–254.
- Барановская А. В., Драган-Суцьева А. Ю., Глобус А. М.* Итоги наблюдений за сезонной изменчивостью почв Вологодской области. — В кн.: Сборник работ Центрального музея почвоведения им. В. В. Докучаева. Л., 1957, вып. 2, с. 75–79.
- Барановская А. В., Левина В. И., Переверзев В. Н.* Сезонная динамика почвенных процессов на Полярном Севере. Л.: Наука, 1969. 119 с.
- Басистый В. П.* Сезонная динамика некоторых процессов почвообразования и их влияние на фосфатный режим буро-подзолистых почв Приамурья: Автореф. дис. . . канд. с.-х. наук. Владивосток, 1967. 19 с.
- Благовидов Н. Л.* Некоторые закономерности почвообразования в лесах таежной зоны. — Тр. Ленингр. лесотехн. акад., 1956, вып. 73, с. 199–216.
- Борзов А. А.* Географические работы. М.: Географгиз, 1954. 525 с.
- Бутенко В. А.* Особенности динамики некоторых химических свойств дерново-подзолистых почв под лесом и пашней. — В кн.: Почвенные условия и эффективность удобрений. Кишинев, 1963, вып. 1, с. 26–40.
- Бутузова О. В.* О влиянии древесных пород на микрорельеф и комплексность почвы. — Ботан. журн.; 1960, т. 45, вып. 5, с. 707–709.

- Бутузова О. В.* О роли корневой системы древесных пород в образовании микро-рельефа. — Почвоведение, 1962, № 4, с. 21–30.
- Бязров Л. Г., Дылис Н. В., Жукова В. М., Носова Л. М., Солнцева О. Н., Успенская И. М., Уткин А. И.* Основные типы широколиственно-еловых лесов и их производных Малинского лесничества Краснопажорского лесхоза Московской области. — В кн.: Биогеоэкологические исследования в широколиственно-еловых лесах. М.: Наука, 1971, с. 7–150.
- Вавилов Н. И.* Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости. М.; Л.: Сельхозгиз, 1935. 56 с.
- Вайсис М. В.* Сезонная динамика кислотности почвы и подвижных форм N, P, K под сосновыми и дубовыми древостоями на озерно-ледниковых отложениях. — В кн.: Химия, генезис и картография почв. М.: Наука, 1968, с. 101–108.
- Василевская Л. С.* Изменение количества и состава лесной подстилки по типам леса. — В кн.: Сборник научных работ по лесному хозяйству. Минск: БелНИИЛХ, 1958, вып. 12, с. 106–113.
- Васильев И. С.* Водный режим подзолистых почв. — Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева, 1950, т. 32, с. 74–296.
- Васильев И. С.* Водный режим дерново-подзолистых почв под лесом и пашней. — В кн.: Современные почвенные процессы в лесной зоне Европейской части СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1959, с. 3–49.
- Визуаев Н. А.* Пространственная изменчивость почвенной влажности и ее связь со структурой биогеоценоза. — В кн.: Почвенные комбинации и их генезис. М.: Наука, 1972, с. 123–131.
- Винокуров М. А., Миронов Н. А., Шакиров К. Н.* О пестроте химических свойств верхних горизонтов дерново-подзолистых почв в лесу. — В кн.: Взаимоотношения леса с почвой. Казань, 1964, с. 119–133.
- Выгодская Н. Н., Пузаченко Ю. Г.* Влияние некоторых параметров биогеоценоза на структуру травянистого яруса в мелколиственных лесах. — В кн.: Количественные методы анализа растительности. Тарту, 1969, с. 265–267.
- Высоцкий Г. Н.* Гидрологические и геоботанические наблюдения в Велико-Анадоле. — Почвоведение, 1900, № 1, с. 22–40.
- Геммерлинг В. В.* Русские исследования в области изучения динамики естественных почв. — Бюл. почвоведца, 1927, № 5/6, с. 7–17.
- Генес В. С.* Некоторые простые методы кибернетической обработки данных диагностических и физиологических исследований. М.: Наука, 1967. 127 с.
- Герасимов И. П.* Почвы Центральной Европы и связанные с ними вопросы физической географии. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 143 с.
- Григорьев Г. И.* Неоднородность почвенного покрова и ее виды в подзолистой зоне. — Почвоведение, 1970, № 5, с. 3–12.
- Григорьев Г. И., Шершукова Г. А.* Опыт составления картограмм агрохимических показателей в подзоне дерново-подзолистых почв. — Агрохимия, 1965, № 5, с. 134–148.
- Гришина Л. А., Генералова Л. Г.* Опыт применения катионитов для изучения динамики питательных элементов в ельнике кислочно-Валдайского стационара. — В кн.: Материалы Всесоюзного совещания по биогеоэкологии и методам учета первичной продукции в еловых лесах. Петрозаводск, 1973, с. 74–75.
- Дайнеко Е. К., Нешатаев Ю. Н.* Анализ структуры почвенного и растительного покровов Казашкой степи Центрально-Черноземного заповедника им. В. В. Алехина. — В кн.: Структура почвенного покрова и методы ее изучения. М.: Наука, 1973, с. 170–189.

- Дайнеко Е.К., Фридланд В.М.* Опыт применения информационно-логического анализа для выяснения взаимосвязи между факторами почвообразования и некоторыми морфологическими свойствами почв. — В кн.: Почвенные комбинации и их генезис. М.: Наука, 1972, с. 181—189.
- Дмитриев Е.А.* Математическая статистика в почвоведении. М.: Изд-во МГУ, 1972. 292 с.
- Дмитриева Н.В., Сабельникова В.И., Лулева Р.И.* О динамике химических свойств лесных почв Кодр. — Изв. Молд. фил. АН СССР, 1958, № 4(49), с. 23—32.
- Докучаев В.В.* Важнейшие законы современного почвоведения. — Тр. СПб. о-ва естествоиспытателей, 1898, т. 29, вып. 1, прот. засед. № 3, с. 100—127.
- Долгова Л.С.* О необходимости учета комплексности почвенного покрова в подзолистой зоне. — В кн.: Почвенно-географические и ландшафтно-геохимические исследования. М.: Изд-во МГУ, 1964, с. 104—122.
- Дылис Н.В., Уткин А.И., Успенская И.М.* О горизонтальной структуре лесных биогеоценозов. — Бюл. МОИП. Отд. биол., 1964, т. 69, № 4, с. 65—73.
- Дылис Н.В.* Структура лесного биогеоценоза. М.: Наука, 1969. 56 с.
- Дылис Н.В., Бурова Л.Г., Выгодская Н.И., Золотокрылин А.И., Каландадзе Н.И., Носова Л.М., Солянцева О.Н., Холопова Л.Б., Чернова Н.М.* О влиянии эдификаторных синузий на структурно-функциональную организацию биогеоценозов. — В кн.: Проблемы биогеоценологии. М.: Наука, 1973, с. 79—105.
- Дюшофур Ф.* Основы почвоведения. М.: Прогресс, 1970. 587 с.
- Егорова Н.В.* О сезонных изменениях некоторых химических свойств в почвах южной Карелии. — Тр. Карел. фил. АН СССР, 1958, вып. 9, с. 169—185.
- Худова П.П.* О карте геоботанического районирования Московской области и сопредельных областей в книге В.В. Алехина. — Бюл. МОИП. Отд. биол., 1962, т. 67, № 3, с. 131—134.
- Завалишин А.А., Фирсова В.П.* К изучению генезиса почв подзолистого типа на покровных суглинках центральной части Русской равнины. — В кн.: Сборник работ Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева. М.: Л., 1960, вып. 3, с. 7—95.
- Зайцев Б.Д.* Материалы к характеристике пестроты морфологических свойств верхних горизонтов лесных подзолистых почв. — Лесн. журн., 1974, № 2, с. 147—148.
- Зхаров С.А.* К вопросу о значении микро- и макрорельефа в подзолистой области. — Почвоведение, 1910, т. 12, № 4, с. 339—367.
- Злотин Р.И., Каландадзе Н.И., Корещкая Л.Б., Пузаченко Ю.Г.* Биологическая активность лесных почв. — В кн.: Тез. докл. на IV Всесоюз. делегат. съезде почвоведов. Алма-Ата, 1970, с. 164—165.
- Зонн С.В.* Почва как компонент лесного биогеоценоза. — В кн. 'Основы лесной биогеоценологии. М.: Наука, 1964, с. 372—457.
- Зонн С.В.* Изучение почвы как компонента биогеоценоза. — В кн.: Программа и методика биогеоценологических исследований. М.: Наука, 1974, с. 215—233.
- Зонн С.В., Алехина А.К.* О динамике и направлении воздействия дубовых лесов на почву. — Тр. Ин-та леса АН СССР, 1951, т. 7, с. 85—124.
- Зонн С.В., Кузьмина Е.А.* Материалы к сопряженной характеристике дерново-подзолистых почв под еловыми, дубовыми и липовыми лесами. — В кн.: Стационарные биогеоценологические исследования в южной подзоне тайги. М.: Наука, 1964, с. 195—223.



- Иванов С.Н.* Физико-химический режим фосфатов торфов и дерново-подзолистых почв. М.: Сельхозгиз, 1972. 251 с.
- Иванова Е.Н., Розов Н.Н.* Систематика и номенклатура почв СССР. — В кн.: Генезис, классификация и картография почв СССР: Докл. к VIII Междунар. конгр. почвоведов. М.: Наука, 1964, с. 7–20.
- Иванушкина К.Б., Карпачевский Л.О.* Изменчивость содержания и состава гумуса дерново-подзолистых почв в пределах биогеоценоза. — Почвоведение, 1969, № 2, с. 58–65.
- Измайловский А.А.* Влажность почвы и грунтовая вода. Полтава, 1894. 67 с.
- Ильинский В.В.* Динамика подвижных  $P_2O_5$  и  $K_2O$  в почвах под сосновыми насаждениями I–IV бонитетов. — В кн.: Сборник работ Моск. лесотехн. ин-та, 1970, вып. 33, с. 143–149.
- Казимиров Н.И., Морозова Р.М.* Биологический круговорот веществ в ельниках Карелии. Л.: Наука, 1973. 175 с.
- Калужская В.М.* Руководство по зольному анализу растений. М., 1959. 112 с.
- Карпачевский Л.О.* Пестрота почвенного покрова и ее связь со структурой лесного биогеоценоза: (На примере широколиственно-еловых лесов). Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1972. 66 с.
- Карпачевский Л.О.* Некоторые особенности разложения лесного опада. — В кн.: Проблемы лесного почвоведения. М.: Наука, 1973, с. 51–66.
- Карпачевский Л.О.* Пестрота почвенного покрова в лесных БГЦ. М.: Изд-во МГУ, 1977. 312 с.
- Карпачевский Л.О., Алексанин Р.М., Гольцев В.Ф.* О колебаниях концентрации щелочных и щелочноземельных элементов в опаде, подстилке и травяном покрове дубо-ельника волосистоосокового. — Лесоведение, 1972, № 4, с. 13–22.
- Карпачевский Л.О., Киселева Н.К.* Определение динамики К в почве с помощью катионита КУ-2. — Агрохимия, 1969, № 1, с. 116–122.
- Карпачевский Л.О., Киселева Н.К., Леонова Т.Г., Попова С.И.* Пестрота почвенного покрова и ее связь с пацеллярной структурой лесного биогеоценоза. — В кн.: Биогеоценологические исследования в широколиственно-еловых лесах. М.: Наука, 1971, с. 151–224.
- Карпачевский Л.О., Киселева Н.К., Попова С.И.* Пестрота почвенного покрова под широколиственно-еловым лесом. — Почвоведение, 1968, № 1, с. 10–24.
- Карпинский Н.П.* Характеристика почв и почвенное районирование дерново-подзолистой зоны в связи с химизацией. — Вестн. с.-х. науки, 1940, вып. 5, с. 32–49.
- Карпинский Н.П.* Кислотность подзолистых почв: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. М., 1952. 32 с.
- Касаткин В.Г.* Комплексность почвенного и растительного покрова песчано-болотистых районов Минского Полесья. — В кн.: Материалы по изучению почв Белоруссии. Минск, 1925, вып. 3, с. 57–75.
- Кастлер Г.* Азбука теории информации. — В кн.: Теория информации в биологии. М.: Изд-во иностр. лит., 1960, с. 9–54.
- Кауричев И.С., Федоров Е.А., Ли-Чан-Вей.* О природе превращения фосфатов при развитии временных восстановительных процессов в дерново-подзолистых почвах. — Изв. ТСХА, 1958, вып. 2, с. 109–116.
- Качинский Н.А.* Замерзание, разморозание и влажность почвы в зимний сезон в лесу и на полевом участке. М., 1927. 170 с.

- Киселева Н. К.* Алюминий как диагностический признак дерново-подзолистых почв. — В кн.: Тез. докл. Первого регионального совещ. почвоведов северо- и среднетаежной подзоны Европейской части СССР. Петрозаводск, 1968, с. 37–38.
- Киселева Н. К.* Варьирование содержания обменных кальция, магния и алюминия в дерново-подзолистых почвах широколиственно-еловых лесов. — В кн.: Почвенные комбинации и их генезис. М.: Наука, 1972, с. 131–138.
- Киселева Н. К., Карпачевский Л. О., Корецкая Л. Б.* Влияние структуры биогеоценоза на состав обменного комплекса и содержание обменных Са, Mg, Al в почвах. — В кн.: Количественные методы анализа растительности. Тарту, 1969, с. 200–202.
- Ковригин С. А.* Динамика нитратов, аммония и подвижных форм фосфора и калия в почвах под различными древесными породами. — Почвоведение, 1952, № 7, с. 628–642.
- Кольцов А. Х., Михайлов Ф. Л.* Зависимость содержания подвижных фосфатов в дерново-подзолистых и серых лесных почвах Чувашской АССР от их кислотности. — Агрохимия, 1969, № 1, с. 121–122.
- Копчак В. В.* Пространственная динамика почв типа ельник-кисличник. — Науч. тр. Ленингр. лесотехн. акад.; 1972, № 149, с. 51–54.
- Корецкая Л. Б.* Динамика подвижного фосфора в дерново-подзолистых почвах Малинского лесничества (Московская обл.). — В кн.: Тез. докл. IV Всесоюз. делегат. съезда почвоведов. Алма-Ата, 1970, с. 141–142.
- Корниенко В. М.* Микрорельеф и плодородие почв подзолистой зоны. — Почвоведение, 1950, № 2, с. 112–119.
- Кравков С. П.* Динамика почвенных процессов. Л.: Ин-т опытной агрономии, 1929. 125 с.
- Кравков С. П.* Материалы по изучению продуктов разложения органических остатков и процессов закрепления их в почвах. Л., 1938, вып. 2. 175 с.
- Куликова В. К.* Динамика подвижных форм элементов минерального питания в почвах еловых и березово-еловых насаждений в условиях Карелии. — В кн.: Лес и почва. Красноярск, 1968, с. 276–287.
- Левина В. И.* Сезонная динамика влажности и химических свойств подзолистых, горно-подзолистых и горно-тундровых почв Мурманской области. — В кн.: Почвенные режимы на Полярном Севере. Л.: Наука, 1969, с. 5–59.
- Левкина Т. И.* Сезонная динамика химических свойств почв под ельником-черничником и березняком разнотравным заповедника "Кивач". — Тр. Карел. фил. АН СССР, 1962, вып. 34, с. 23–49.
- Липкина Г. С.* Свойства дерново-подзолистых почв на моренных и покровных суглинках. — Почвоведение, 1969, № 1, с. 3–13.
- Лозинко Ю. М., Михляева И. М., Пузаченко Ю. Г.* Микроструктура травянистого яруса еловых культур. — В кн.: Биологическая продуктивность ельников. Тарту, 1971, с. 231–236.
- Львов Д. К., Мошкин А. В., Пузаченко Ю. Г.* Информационный анализ ареалов некоторых арбовирусов. — Вестн. Моск. ун-та. Сер. геогр., 1967, № 3, с. 39–51.
- Максимова А. Е.* Динамика воднорастворимых веществ из лесных подстилок разных типов леса. — В кн.: Лесоводственные исследования в Серебряноборском лесничестве. М.: Наука, 1973, с. 65–76.
- Мина В. Н.* Выщелачивание некоторых веществ атмосферными осадками из дре-

- весных растений и его значение в биологическом круговороте. — Почвоведение, 1965, № 6, с. 7—17.
- Мина В.Н.* Влияние осадков, стекающих по стволам деревьев на почву. — Почвоведение, 1967, № 10, с. 44—52.
- Мионов П.А.* Зависимость между свойствами почв и составом смешанных насаждений. — Науч. докл. высш. школы. Биол. науки, 1964, № 1, с. 199—205.
- Небольсин С.И.* Климатический очерк Подмосковья. — Тр. Центр. ин-та прогнозов, 1949, вып. 10(37), 111 с.
- Некрасов П.А.* Изучение пестроты скважности и содержания нитратов в почве по способу наименьших квадратов: Сообщ. 2. Влажность. — Науч.-агрон. журн., 1928, т. 4, с. 275—297.
- Неуструев С.С.* Почвы и циклы эрозии. — Геогр. вестн., 1922, т. 1, вып. 2/3, с. 7—12.
- Нечаева Е.Г.* Особенности почвообразования и роль хвойно-широколиственных лесов в формировании почв Южного Приморья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 1968. 17 с.
- Ноздрюнова Е.М.* К вопросу о динамике минеральных соединений фосфора в дерново-подзолистых почвах. — Докл. ТСХА, 1957, вып. 29, с. 220—227.
- Плохинский Н.А.* Биометрия. Новосибирск, 1961. 364 с.
- Поляков С.С.* Состав и свойства покровных суглинков и глин Московской области (Подмосковья). — Землеведение, 1960, т. 5(45), с. 71—98.
- Пономарева В.В.* Биогеохимическая сущность подзолообразовательного процесса. — Тр. X Междунар. конгр. почвоведов. М.; 1974, т. 6, с. 118—124.
- Пономарева В.В., Сотникова Н.С.* Закономерности процессов миграции и аккумуляции элементов в подзолистых почвах (лизиметрические наблюдения). — В кн.: Биогеохимические процессы в подзолистых почвах. Л.: Наука, 1972, с. 6—56.
- Пузаченко Ю.Г.* Применение информационно-логического анализа при изучении структуры и продуктивности фитоценоза. — В кн.: Количественные методы анализа растительности. Тарту, 1969, с. 257—260.
- Пузаченко Ю.Г.* Средообразующая роль гетеротрофных организмов: (Исслед. логических моделей). — В кн.: Средообразующая деятельность животных. М.: Изд-во МГУ, 1970, с. 9—14.
- Пузаченко Ю.Г.* Климатические параметры экологического оптимума ельников. — В кн.: Биологическая продуктивность ельников. Тарту, 1971, с. 243—248.
- Пузаченко Ю.Г., Карпачевский Л.О., Вязудавов Н.А.* Возможности применения информационно-логического анализа при изучении почвы на примере ее влажности. — В кн.: Закономерности пространственного варьирования свойств почв и информационно-статистические методы их изучения. М.: Наука, 1970, с. 107—121.
- Пузаченко Ю.Г., Мошкин А.В.* Информационно-логический анализ в медико-географических исследованиях. — Мед. география, 1969, вып. 3, с. 5—75.
- Ревут И.Б.* Физика почв. Л.: Колос, 1964. 319 с.
- Ремезов Н.П.* Итоги изучения взаимодействия дубового леса с почвой. — Тр. Воронеж. гос. заповедника, 1961а, вып. 13, с. 9—53.
- Ремезов Н.П.* Разложение лесной подстилки и круговорот элементов в дубовом лесу. — Почвоведение, 1961б, № 3, с. 1—12.
- Ремезов Н.П., Макаров В.Т.* Почвоведение с основами земледелия. М.: Высш. школа, 1963. 407 с.

- Роде А. А.* О возможной роли растительности в подзолообразовании. — Почвоведение, 1944, № 4, 5, с. 159–179.
- Роде А. А.* Подзолообразовательный процесс и эволюция почв. М.: Географгиз, 1947. 140 с.
- Роде А. А.* Водный режим и влагообеспечивающая способность дерново-подзолистых почв. — Почвоведение, 1965, № 1, с. 49–58.
- Родин Л. Е., Режесов Н. П., Базилевич Н. И.* Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. Л.: Наука, 1968. 143 с.
- Розанова И. М.* Круговорот зольных веществ и изменение физико-химических свойств выщелоченных черноземов под хвойными и широколиственными насаждениями. — Тр. Лаб. лесоведения АН СССР, 1960, вып. 1, с. 5–60.
- Розмахов И. Г.* К методике полевых исследований лесных почв. — Тр. Ленингр. лесотехн. акад., 1957, вып. 82, ч. 2, с. 69–73.
- Розмахов И. Г., Серова П. П., Юркина С. И.* Влияние леса на микрокомплексность почв. — Почвоведение, 1963, № 2, с. 19–26.
- Рыдалесская М. Д., Терешенкова И. А.* Особенности гумусово-иллювиального процесса в ельнике-черничнике под различной напочвенной растительностью. — Вестн. ЛГУ. Биология, 1963, № 21, вып. 4, с. 126–137.
- Савич В. И.* Варьирование свойств почв во времени и пространстве. — Докл. ТСХА, 1971, вып. 162, с. 111–115.
- Самойлова Е. М.* Динамика разложения опада лиственных пород. — Тр. Воронеж. гос. заповедника, 1961, вып. 13, с. 89–101.
- Самойлова Е. М.* О влиянии липы на лесорастительные свойства почвы. — Почвоведение, 1962, № 5, с. 96–105.
- Сахаров М. И., Сахарова Н. М.* О влиянии ели на почву. — Почвоведение, 1951, № 6, с. 329–337.
- Свиридова И. К.* Динамика питательных веществ в почвах осинников Воронежского заповедника. — Тр. Воронеж. гос. заповедника, 1961, вып. 13, с. 81–86.
- Сибирцев Н. М.* Избранные сочинения. М.: Сельхозгиз, 1951. Т. 1. 472 с.
- Скрынникова И. Н.* Почвенные растворы южной части лесной зоны и их роль в современных процессах почвообразования. — В кн.: Современные почвенные процессы в лесной зоне Европейской части СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1959, с. 50–169.
- Смирнов В. Н.* Динамика питательных веществ и биологической активности подзолистых почв южной полосы лесной зоны. — Почвоведение, 1958, № 7, с. 58–65.
- Смирнов В. Н., Гришхун Е. В., Усынина В. А.* Физико-химические и биохимические свойства дерново-подзолистых почв ризосферы дуба, березы, желтой акации. — Изв. вузов. Лесн. журн.; 1964, № 4, с. 10–14.
- Смирнова К. М.* Сезонные изменения в свойствах почв хвойных и лиственных лесов. — Почвоведение, 1956, № 12, с. 1–17.
- Смирнова К. М., Глазунова Н. М.* Динамика химических свойств почв под березняком разнотравным. — Вестн. МГУ. Сер. биол., почвовед., геол., геогр., 1958, № 2, с. 109–120.
- Смирнова К. М., Глебова Г. Н.* Содержание подвижных соединений в подзолистых почвах Подмосковья. — Почвоведение, 1958, № 8, с. 45–52.
- Смирнова К. М., Глебова Г. Н., Королева Л. И.* Динамика современных почвенных процессов под хвойными лесами южной тайги. — В кн.: Исследования в области генезиса почв. М.: Изд-во АН СССР, 1963, с. 139–164.

- Смирнова К. М., Громышева Б. Н.* Динамика химических свойств почв под хвойными зеленомоховыми лесами. — Почвоведение, 1955, № 6, с. 45–52.
- Соболев Л. Н.* Особенности распределения растительности и почв в парковидных ельниках Тянь-Шаня. — Бюл. МОИП. Отд. биол., 1963, т. 68, вып. 3, с. 82–97.
- Соболев Ф. С., Драчев С. М.* Влияние обработки и удобрения на динамику почвенного раствора и поглощенных оснований почвы. — Науч.-агрон. журн., 1926, т. 2, с. 96–119.
- Сожолов А. А.* Влияние ели, березы и осины на дерново-подзолистую почву: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1971. 29 с.
- Сожолов А. В.* Определение запаса в почве усвояемых фосфатов, их состава и степени подвижности. — Почвоведение, 1968, № 8, с. 5–17.
- Сороочкин В. М.* Варьирование свойств дерново-подзолистых почв в лесу. — Почвоведение, 1968, № 9, с. 41–47.
- Спирidonov А. И.* К вопросу о происхождении покровных суглинков Подмосковья. — Вестн. МГУ. Сер. биол., почвовед., геол., геогр.; 1948, № 4, с. 87–96.
- Степанов Н. Н.* Процесс минерализации опадающей листвы и хвои деревьев и кустарников. — Почвоведение, 1940, № 9, с. 15–34.
- Сукачев В. Н.* Динамика лесных биогеоценозов. — В кн.: Основы лесной биогеоценологии. М.: Наука, 1964, с. 458–487.
- Сузанова Н. П.* Сезонная изменчивость подстилок и лизиметрических вод в сосновом лесу. — Ботан. журн., 1965, т. 50, № 12, с. 1735–1741.
- Терешенкова И. А.* Влияние напочвенной растительности в ельниках на запасы подстилок и содержание в них азота, фосфора и калия. — Ботан. журн., 1962, т. 47, № 7, с. 995–1000.
- Травникова Л. С.* О неоднородности почвенного покрова и методике взятия образцов почв для химического анализа. — Тр. Воронеж. гос. заповедника, 1961, т. 13, с. 187–195.
- Трофимов А. В.* Реакция почвы (рН) как функция влажности и концентрации почвенного раствора. — Почвоведение, 1931, № 2, с. 5–46.
- Тюлин А. Ф.* К методике изучения обмена минеральных веществ между растением и почвой в лесу. — Тр. Ин-та леса АН СССР, 1954, т. 23, с. 103–116.
- Тюлин А. Ф., Кушниренко С. В., Щербина К. Г.* Минеральное питание дуба и сопутствующей ему растительности на темно-серых почвах. — Почвоведение, 1953, № 3, с. 19–28.
- Тюльпанов В. И.* Цикл фосфора в почве. — Науч. тр. Ставроп. с.-х. ин-та, 1970, т. 1, вып. 33, с. 237–241.
- Уранов А. А.* Фитогенное поле: Проблемы соврем. ботаники, М.; Л.: Наука, 1965, т. 1, с. 251–255.
- Филатов М. М.* Очерк почв Московской губернии. М., 1923. 40 с.
- Филатов М. М.* География почв СССР. М.: Учпедгиз, 1945. 343 с.
- Фирсова В. П.* Динамика воднорастворимых веществ в лесных дерново-подзолистых почвах Припышминского борового массива. — Почвоведение, 1964, № 9, с. 54–69.
- Фридланд В. М.* О строении почвенного покрова. — Почвоведение, 1965, № 4, с. 15–28.
- Фридланд В. М.* Структура почвенного покрова. М.: Мысль, 1972. 423 с.
- Хейфец Д. М.* Методы определения фосфора в почве. — В кн.: Агрохимические методы исследования почв. М.: Изд-во АН СССР, 1960, с. 74–114.
- Холопова Л. Б.* О влиянии возраста сосновых культур на изменение некоторых физических и химических свойств почв. — Лесоведение, 1972, № 3, с. 38–48.

- Холопова Л. Б.* Динамика подвижного фосфора в дерново-подзолистых почвах некоторых типов биогеоценозов хвойно-широколиственных лесов. — Почвоведение, 1973, № 6, с. 102–110.
- Шецов Н. М.* Неоднородность почвенного покрова стационарного участка Звенигородской станции МГУ. — Вестн. МГУ. Сер. биол., почвовед., 1972, № 4, с. 67–71.
- Шлейнис Р. И.* О различии почвообразования под еловыми и дубовыми лесами в северо-западной части СССР. — Почвоведение, 1965, № 3, с. 20–29.
- Шмук А. А.* Динамика режима питательных веществ в почве. М.: Пищепромиздат, 1950. 371 с.
- Шмурова Э. М.* Влияние почвенных условий на продуктивность дубовых лесов Воронежского заповедника. — Тр. Ин-та леса АН СССР, 1955, т. 24, с. 204–215.
- Шумаков В. С.* Динамика некоторых свойств темно-серых лесных почв под различными типами лесных культур. — Тр. Ин-та леса АН СССР, 1954, т. 23, с. 140–156.
- Щетников А. И.* Сезонная динамика некоторых почвенно-геохимических показателей в южной тайге. — В кн.: Топологические аспекты изучения поведения вещества в геосистемах. Иркутск, 1973, с. 108–113.
- Ярков С. П.* К вопросу образования труднорастворимых фосфатов в почве. — Докл. ТСХА, 1949, вып. 11, с. 73–80.
- Ярков С. П.* Сезонная динамика некоторых процессов почвообразования. — Почвоведение, 1956, № 6, с. 30–44.
- Ярков С. П.* Почвы лесо-луговой зоны. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 318 с.
- Ярков С. П., Коптева З. Ф.* Изменение подвижности соединений алюминия в дерново-подзолистой почве. — Изв. ТСХА, 1952, вып. 1, с. 141–148.
- Ярков С. П., Кулаков Е. В., Кауричев И. С.* Образование закисного железа и фосфатный режим дерново-подзолистых почв. — Почвоведение, 1950, № 8, с. 466–476.
- Ярцева А. К., Морозова А. В.* Пестрота почвенного покрова в дерново-подзолистой зоне на примере опытного участка "Снигири" Истринского района Московской области. — Почвоведение, 1963, № 11, с. 15–24.
- Acquaye D. K., Tinsley J.* Soluble silica in soils. L.: Butterworths, 1965, p. 137–148. Exp. Pedol.
- Armson K. A.* Seasonal patterns of nutrient absorption by forest trees: Forest-soil relationships in North America. Corvallis: Oregon State Univ. Press, 1965, p. 65–77.
- Bowser W. E., Leat J. N.* Seasonal pH fluctuations in a grey wooded soil. — Canad. J. Soil Sci., 1968, vol. 38, p. 128–133.
- Bymes W. H., Kardos L. T.* Hydrologic characteristics of three soils supporting natural hardwoods, planted red pine and old field plant communities. — Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 1963, vol. 27, N 4, p. 468–473.
- Clark J. S.* The relation between pH and soluble and exchangeable Al in some acid soils. — Canad. J. Soil Sci., 1969, vol. 46, p. 94–96.
- Daubenmire R.* Soil moisture in relation to vegetation distribution in the mountains of northern Idaho. — Ecology, 1968, vol. 49, N 3, p. 431–437.
- Douglass S. E.* Soil moisture distribution between trees in a thinned loblolly pine plantation. — J. Forests., 1960, vol. 58, N 3, p. 198–203.
- Farnham R. R., Finnoy H. R.* Classification and properties of organic soils. — Adv. Agr., 1965, vol. 17, p. 115–162.

- Feher D., Frank M.* Untersuchungen über den periodischen Kreise auf des Stickstoffes des Phosphors und des Kalium in dem wald Boden. – Ztschr. Pflanzenemähr., Düng. und Bodenkn., 1936, Bd. 43, H. 1/2, S. 112–121.
- Gersper P.L., Holowaychuk N.* Effects of stemflow water on a Miami soil under a beech tree. II. Chemical properties. – Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 1970, vol. 34, N 5, p. 786–795.
- Gimingham C.H., Pritchard N.M., Cormack R.M.* Interpretation of vegetational mosaic on limestone in the Island of Cotland. – J. Ecol., 1966, vol. 56, N 2, p. 481–502.
- Höjer I.* Ett gödslingsförsök i tallskog på svagt försumpad mark (Kampamarkaraa vid Klagstorp, Västergötland). – Rapp. och uppsats. Inst. skogsekol. Skogshögskolan, 1965, bd 36, N 5, S. 72–77.
- Jamison V.C.* The slow reversible drying of sandy surface soils beneath citrus trees in central Florida. – Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 1942, vol. 6, N 3, p. 377–386.
- Jovandič P.* Sezonske promjene zamenljivih kationa i pH u shedem zemljištu na Krečnjaku. – Zeml. i biljka A, 1972; knj. 21, N 1, s. 58–67.
- Lowe L.E.* Aspects of chemical variability in forest humus layers under a mature western hemlockwestern red cedar stand. – Canad. J. Forest Res., 1972, vol. 2, N 4, p. 369–373.
- Miclaüs V.* Corelata dintre  $pH_{KCl}$  și Al schimbabil în solurile din sera podzolitrii argilo-iluviale. – Sti. sol., 1970, vol. 8, N 3, p. 73–78.
- Miller R.B.* Flows and cycles of macro- and microelements in a forest soil and its environment. – In: IX Intern. Congr. Soil Sci. Adelaide, 1968, Trans., p. 323–331.
- Pionke N.B., Corey R.B.* Relations between acidic Aluminium and soil pH, clay and organic matter. – Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 1967, vol. 31, N 6, p. 749–752.
- Semb G.* Arstidsvariasjoner i jordas innhold av lettoppløselig fostor, Kalium, Magnesium. – Forsk. og fors. landbr., 1966, bd 17, N 3, s. 206–210.
- Small J.* Modern aspects of pH. L.: Bailliere, Tindall and Cox, 1954. 246 p.
- Usher M.B.* Pattern and seasonal variability in the environment of a Scots pine forest soil. – Ecology, 1970, vol. 58, N 3, p. 530–535.
- Van Groenewould H.* Variation in pH and buffering capacity of the organic layer of Grey wooded soils. – Soil Sci., 1961, vol. 92, N 100–106.
- Vezina P.E.* Methods of pH determination and seasonal pH fluctuations in Quebec forest humus. – Ecology, 1965, vol. 46, N 5, p. 752–755.
- Wilm N.Y.* The influence of forest vegetation on water and soil. – Unasylva, 1957, vol. 11, N 4, p. 160–165.
- Zinke P.* The pattern of influence of individual forest trees on soil ecology. – Ecology, 1962, vol. 43, N 1, p. 130–134.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ . . . . .	3
Глава I ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВО ВРЕМЕНИ И В ПРОСТРАНСТВЕ – ХАРАКТЕРНОЕ СВОЙСТВО ПОЧВЫ . . . . .	5
Глава II ОСОБЕННОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА И СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОД- ЗОЛИСТЫХ ПОЧВ МАЛИНСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА . . . . .	14
Методика работ . . . . .	14
Объекты исследований и их характеристика . . . . .	18
Глава III ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ И РЕЖИМ ВЛАЖ- НОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ . . . . .	43
Рельеф, геологическое строение и почвообразующие породы . . . . .	43
Растительность . . . . .	44
Климатические особенности . . . . .	45
Режим влажности почв . . . . .	47
Глава IV ДИНАМИКА СВОЙСТВ ВЕРХНИХ ГОРИЗОНТОВ ( $A_1$ , $A_1A_2$ ) ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ПОД ЛИСТВЕННЫМИ И ХВОЙНЫМИ ЛЕСАМИ . . . . .	54
Запас и состав лесной подстилки . . . . .	54
Актуальная кислотность . . . . .	64
Обменный алюминий . . . . .	70
Поглощенные кальций и магний . . . . .	79
Подвижный фосфор . . . . .	87
Глава V ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ВРЕМЕНИ И МЕСТА НА СВОЙСТВА ПОЧВЫ . . . . .	94
ЗАКЛЮЧЕНИЕ . . . . .	106
ЛИТЕРАТУРА . . . . .	110