И. И. ПЛЮСНИН
А. И. ГОЛОВАНОВ

МЕЛИОРАТИВНОЕ ПОЧВОВЕДЕНИЕ

УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ ВЫСШИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

И. И. ПЛЮСНИН,
профессор, доктор геолого-минералогических наук
А. И. Голованов,
профессор, доктор технических наук

МЕЛИОРАТИВНОЕ ПОЧВОВЕДЕНИЕ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК, ПРОФЕССОРА А. И. ГОЛОВАНОВА

Допущено Главным управлением высшего и среднего сельскохозяйственного образования Министерства сельского хозяйства СССР в качестве учебника для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по специальностям «Гидромелиорация» и «Экономика и организация водного хозяйства

МОСКВА «КОЛОС» 1983

ББК 40.3
П40
УДК 631.6:631.4](075.8)

Рецензенты: *В. П. Золотун*, доктор сельскохозяйственных наук и *Ю. Ф. Янчковский*, кандидат сельскохозяйственных наук

Отдельные главы и параграфы написали: главы XVI, XX, XXI, §§ 29, 30, 33, 34, 35, 36, 39, 40, 43, 45, 47, 48, 49, 63, 66 — И. И. Плюснин; главы IV, V, VI, VII, VIII, XV, §§ 31, 38, 42, 44, 46, 50, 51, 64, 65, 69 — А. И. Голованов; введение, главы I, II, III, §§ 32, 37, 41, 62, 70, 83 — И. И. Плюснин, А. И. Голованов; §§ 67, 68 — Е. П. Гусенков.

Плюснин И. И., Голованов А. И.

П40 Мелиоративное почвоведение./Под ред. А. И. Голованова. — М.: Колос, 1983. — 318 с., ил. — (Учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. заведений).

В учебнике рассмотрены образование, развитие почвы и ее плодородие, классификация почв по зонам нашей страны. Дана мелиоративная группировка, бонитировка и экономическая оценка почв. Изложены основы мелиорации и окультуривания почв, меры борьбы с водной и ветровой эрозией.

П $\frac{3802020000-185}{035(01)-83}$ 195—83

ББК 40.3+40.6
631.4+631.6

© Издательство «Колос», 1983

Почвоведение — естественноисторическая наука, предметом изучения которой являются почва, ее происхождение, развитие, строение, состав и свойства, закономерности распространения, способы рационального использования.

Основатель почвоведения как науки выдающийся русский ученый В. В. Докучаев дал следующее определение почвы: «Почвой следует называть «дневные», или наружные, горизонты горных пород, естественно измененные совместным воздействием воды, воздуха и различного рода организмов, живых и мертвых». Почвы возникают и развиваются в результате сложного взаимодействия между почвообразующей горной породой, растительными и животными организмами в конкретных климатических, рельефных условиях и в результате производственной деятельности человека.

Образование почвы на Земле обязано живым организмам (главным образом растениям и микробам), поселившимся в разрушенной выветриванием горной породе. В результате жизнедеятельности организмов, разложения отмерших их остатков поверхностные горизонты суши обогащались органическим веществом, содержащим элементы питания для растений. Таким образом образовалось особое природное органо-минеральное тело со свойственным ему строением, физическими, химическими и биологическими свойствами, процессами перемещения веществ и энергии.

Почва является природным образованием, обладающим особым свойством — плодородием, т. е. способностью обеспечивать потребности растений в факторах и условиях жизни и развития. Этим она принципиально отличается от других природных тел. Другой важной особенностью почвы является способность к постоянному развитию, что дает возможность человеку целенаправленными действиями улучшать ее свойства и, следовательно, повышать плодородие.

Почвоведение как каждая наука имеет свою методику изучения, теорию, задачи и перспективу. Оно использует естественноисторический или сравнительно-географический метод исследования, при котором состав и свойства почвы изучаются в тесной связи с природными условиями, определяющими характер почвообразования. Почвоведение тесно соприкасается с другими науками: геологией, минералогией, гидрогеологией, физикой, химией, микробиологией.

В процессе развития почвоведения исходя из потребности общества сформировалось общее почвоведение как естественноисторическая наука и возникли прикладные разделы почвоведения: агрономическое, лесное, мелиоративное.

Мелиоративное почвоведение изучает процессы изменения состава и свойств почв под действием мелиоративных приемов, дает специальную мелиоративную характеристику почв, выявляет потребности в их улучшении, определяет пути этих улучшений, преобразования и создания новых почв, т. е. является теоретической основой сельскохозяйственных мелиораций.

В отличие от других воздействий на почву мелиорация является коренным улучшением ее свойств: водных, воздушных, тепловых, химических, физико-механических, создающих благоприятные условия для возделывания сельскохозяйственных культур. Мелиорация почв — важный фактор в развитии сельскохозяйственного производства.

Мелиоративное почвоведение базируется на общем почвоведении, вместе с тем оно количественно характеризует изменения почв под действием мелиораций, дает возможность прогнозировать эти изменения. Поэтому в мелиоративном почвоведении применяют количественные методы описания процессов, происходящих в почве, на основе теории химических и биологических превращений, теории передвижения веществ и энергии в почве. Мелиоративное почвоведение широко использует достижения химии, физики, механики, математики. Для описания динамических процессов применяется современная вычислительная техника и средства моделирования.

Почвоведение как наука возникла во второй половине XIX в. Родиной генетического почвоведения, изучающего почву в ее развитии, явилась наша страна. Русская, а затем советская школа почвоведения признана во всем мире. Приоритет русских ученых в развитии науки о почве объясняется следующими причинами:

а) огромными пространствами страны, большим разнообразием почвообразовательных процессов и почв (от арктических до субтропических), сравнительно неблагоприятными климатическими условиями. Для развития сельскохозяйственного производства одного практического опыта было уже недостаточно, потребовалось научное обоснование приемов рационального использования и улучшения почв;

б) русские почвоведы с самого начала использовали элементы диалектико-материалистической методологии, что обеспечило им правильный путь в изучении свойств почвы и ее развития.

Отметим некоторых выдающихся ученых-почвоведов и их работы в этой области.

Докучаев Василий Васильевич (1846—1903) первый в мире во всей полноте развил генетическое почвоведение, установил основные законы почвообразования и географии почв. Он открыл закон зональности почв, который нашел отражение в его труде «Русский чернозем», вышедшем в 1883 г. Этот труд справедливо считают началом научного почвоведения. В. В. Докучаев развил учение о почве как особом теле природы — продукте взаимодействия минерального и биологического мира. Он рассматривает почву как результат совокупной деятельности материнской породы, растительных и животных организмов, климата, рельефа и возраста

страны. В. В. Докучаев открыл закон изменяемости почв во времени и пространстве.

Под впечатлением большого бедствия, постигшего Россию в 1891 г.,— голода в результате засухи —В. В. Докучаев написал книгу «Наши степи прежде и теперь», вышедшую в 1892 г. В этой книге дается развернутый план борьбы с засухой и глубокий анализ явления засухи и иссушения степей. Автор призывал планомерно бороться не с последствиями засухи, а с причинами, ее порождающими. В работе намечены пути регулирования водного режима в открытых степях. Он указывал на неотложную необходимость регулирования русл рек, снегозадержания, лесонасаждений, создания искусственных водохранилищ, борьбы с оврагами, подбора и создания сортов культурных растений для разных условий, применения соответствующих приемов обработки почвы для лучшего использования влаги и т. д.

В. В. Докучаев понимал науку о почве как могучее средство подъема народного хозяйства. Почву он считал важнейшим природным богатством страны. «Изучение почв страны... есть дело общенародное и притом первостепенной важности»,— писал В. В. Докучаев. Познание почв позволяет «... овладеть почвою и управлять ею с целями чисто прикладными сельскохозяйственными, лесными, гигиеническими», а теперь и мелиоративными.

Костычев Павел Андреевич (1845—1895) также оказал большое влияние на дальнейшее развитие научных исследований в области почвоведения. Характерной чертой исследований П. А. Костычева является агрономизация почвоведения. Он первый выявил истинное значение структуры почвы, разработал соответственную систему ее обработки и борьбы с эрозией, указал на неразрывную связь между почвой и растением, на их единство.

Сибирцев Николай Михайлович (1860—1900) — талантливый ученик В. В. Докучаева, первый наиболее полно сформулировал закон зонального распространения почв. Почвообразование, по Н. М. Сибирцеву,— это сложное сочетание геологических процессов с биологическими.

Коссович Петр Самсонович (1862—1915) придавал первостепенное значение химической стороне почвообразования. Он написал труд «Основы учения о почве», уделив в нем большое внимание черноземам.

Глинка Константин Дмитриевич (1867—1927) — почвовед-географ, известен как руководитель обширных почвенных исследований в азиатской части России. Заложил основы почвенной минералогии и палеопочвоведения.

По вопросам мелиорации К. Д. Глинка писал, что «... обработка почвы и всякая ее мелиорация до известной степени аналогична воспитанию или лечению. И в том и другом случае необходимо считаться прежде всего с индивидуальностью субъекта, подвергающегося воздействию».

Неуструев Сергей Семенович (1874—1928) углубил учение В. В. Докучаева о факторах почвообразования. Написал выдаю-

щийся труд «Элементы географии почв», где показал, что почва «... неотъемлемый и весьма характерный элемент всякого естественного ландшафта». Он установил особый сероземный тип почвообразования в пустынях.

Гедройц Константин Каэтанович (1872—1932) изучал закономерности поведения коллоидов в почве и разработал учение о поглотительной способности почв. Он обосновал приемы воздействия на почву и практические мероприятия по повышению плодородия кислых подзолистых почв путем известкования, выдвинул проблему мелиорации щелочных солонцовых почв гипсованием и промывкой солончаков, выявил особую роль обменного кальция в жизни почвы и создания благоприятных физических свойств ее. Учение К. К. Гедройца о поглотительной способности почвы получило всемирное признание.

Вильямс Василий Робертович (1863—1939) выдвинул новые научные принципы в почвообразовании и в учении о плодородии почв; обосновал учение о биологическом круговороте веществ. Почвообразование он рассматривал как процесс развития плодородия почв. Он утверждал, что «... почвообразование представляет один из следов... беспрерывного процесса эволюции жизни на земной поверхности. Это один общий, грандиозный по масштабу и продолжительности процесс».

Высоцкий Георгий Николаевич (1865—1940) — исследователь биологии и водного режима почв. Он установил основные типы водного режима почв. Во всей полноте выявил роль рельефа в почвообразовании.

Розов Лев Парменович (1886—1942) в результате изучения почв многих мелиоративных объектов разработал основы мелиоративного почвоведения. Ему принадлежит приоритет в подготовке учебного руководства «Мелиоративное почвоведение», впервые изданного в 1936 г.

Прянишников Дмитрий Николаевич (1865—1948) — основоположник советской агрохимии, оказал большое влияние на развитие учения о химии почв, взаимозависимости почв и растений, взаимодействии почв с удобрениями, действии обменных катионов почвы на развитие растений. Выдающиеся работы ученого посвящены химизации земледелия.

Полынов Борис Борисович (1877—1952) разработал важные положения о роли биогеохимических явлений в почвообразовании и выветривании.

Прасолов Леонид Иванович (1875—1954) — почвовед-географ, выдвинул понятие о почвенных провинциях и других единицах почвенного районирования. Создал почвенные карты СССР и почвенную карту мира.

Костяков Алексей Николаевич (1887—1957) разработал теоретические основы сельскохозяйственной мелиорации. Написал капитальный труд «Основы мелиорации», в котором развил ряд вопросов мелиоративного почвоведения.

Работы К. К. Гедройца и А. Н. Соколовского по изучению кол-

лоидного комплекса почв, С. П. Кравкова, В. Р. Вильямса, И. Н. Антипова-Каратаева и И. В. Тюрина по исследованию органического вещества почв позволили установить закономерные связи между химизмом почвы и физическими свойствами. Благодаря их трудам расширилась возможность активного воздействия на изменение физико-химических свойств почвы в направлении увеличения производительности почв (обоснование известкования, гипсования, кислования, силикатирования, обогащения почв гумусом и т. д.).

Наука о мелиорации почв дальнейшее развитие получила в трудах И. П. Герасимова, А. А. Роде, Н. А. Качинского, В. А. Ковды, С. И. Долгова, С. С. Соболева, Н. В. Орловского и других ученых.

Большое значение мелиоративное почвоведение имеет в осуществлении грандиозных планов мелиорации земель, проводимой в нашей стране на огромных площадях. Эти планы последовательно осуществляются в соответствии с решениями партии и правительства. Продовольственной программой, одобренной майским (1982 г.) Пленумом ЦК КПСС, предусматривается дальнейшее повышение роли мелиорации в увеличении производства сельскохозяйственных продуктов. Площади орошаемых земель намечено довести в 1985 г. до 20,8 млн. га и в 1990 г.— до 23—25 млн. га, осушенных земель соответственно до 15,5 млн. га и 18—19 млн. га. Главная задача экономической стратегии нашей страны — неуклонный подъем материального и культурного уровня жизни народа, удовлетворение потребностей населения в высококачественных продуктах питания. В этом заключается главная задача социалистического сельского хозяйства.

Увеличение производства сельскохозяйственной продукции возможно двумя путями — экстенсивным и интенсивным. Экстенсивный (за счет расширения площади сельскохозяйственных угодий) к настоящему времени в нашей стране практически себя исчерпал. Интенсивный путь заключается в резком подъеме урожайности сельскохозяйственных культур и основан на химизации земледелия (производство минеральных удобрений, средств борьбы с болезнями и вредителями растений, а также сорняками); комплексной автоматизации и механизации производственных процессов для повышения производительности труда; мелиорации земель для коренного повышения плодородия почв.

За период после майского (1966 г.) Пленума ЦК КПСС в стране проведена большая работа по мелиорации земель. Площадь орошаемых и осушенных земель удвоилась и к 1981 г. составила свыше 30 млн. га, проведены большие работы по известкованию кислых почв, обводнению пастбищ и культуртехнические. Занимая к концу десятой пятилетки около 11 % площади сельскохозяйственных угодий, мелиорированные земли дали 34 % общей валовой продукции растениеводства. Каждый мелиорированный гектар почвы дает продукции в 4—5 раз больше, чем немелиорированный. В больших масштабах осуществляются работы по дальнейшему улучшению мелиоративного состояния орошаемых и осушаемых зе-

мель, а также по ликвидации засоленности и повышенной кислотности почв.

Главный объект, на который воздействуют мелиоративные мероприятия,— это почва. Как сложное органо-минеральное развивающееся тело она чутко реагирует на изменение внешних условий. Мощность почвенного слоя невелика (десятки сантиметров), и почва легко может быть разрушена в результате неправильных действий. Поэтому любые мелиоративные приемы должны быть научно обоснованы и строго дозированы. Мелиоративным работам должно предшествовать тщательное изучение почв, необходимы количественные прогнозы изменения ее свойств под действием мелиораций.

ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ, СОСТАВ И СВОЙСТВА ПОЧВ

Глава I
ФАКТОРЫ И УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

Почва возникает и развивается в результате почвообразовательного процесса. Почвообразование на Земле началось с появления простейших организмов и возникновения непрерывного процесса образования органических веществ из минеральных и, наоборот, превращения органики в минеральные вещества при отмирании живых организмов. Почвообразование возникает в результате взаимодействия литосферы и биосферы, оно происходит в гравитационном поле Земли при активном участии атмосферы и гидросферы. Основным источником энергии для почвообразовательных процессов является солнечная энергия. На почвообразовании сказываются географическое положение местности, конкретные условия рельефа, погодные условия. Процессы почвообразования происходят с определенной скоростью, и результат их проявления зависит от времени, т. е. от возраста почвы. В современную эпоху большое влияние на почвообразование оказывает производственная деятельность человека.

При изучении почвообразовательных процессов следует выделять факторы и условия почвообразования. Факторы почвообразования — это материальные или энергетические компоненты этого процесса: 1) почвообразующая (материнская) горная порода; 2) живые организмы; 3) солнечная радиация; 4) приземные слои атмосферы; 5) почвенные, грунтовые и поверхностные воды. Условия почвообразования — обстоятельства, определяющие процесс почвообразования в пространстве и во времени: 1) географическое положение местности; 2) рельеф; 3) время, т. е. продолжительность почвообразования; 4) производственная деятельность человека.

Процесс почвообразования — это обмен энергией и веществом между литосферой, биосферой и внешней средой. Он представляет собой сложный комплекс биологических, химических, физических процессов и включает элементарные почвообразовательные процессы, проявляющиеся в конкретных условиях (оподзоливание, засоление, заболачивание, гумусонакопление и т. п.).

В конкретных условиях в почве могут наблюдаться различные элементарные почвообразовательные процессы, одни из них при изменении внешних условий могут возникать или усиливаться, другие замедляться или прекращаться.

§ 1. Почвообразующие породы

Почвообразующей (материнской) породой является горная порода, на основе которой возникает и развивается почва. От вида, состава и свойств материнской породы зависят многие свойства почв.

Почвообразующими породами могут быть продукты выветривания массивно-кристаллических, а чаще осадочных пород. Однако наиболее древние осадочные горные породы обычно прикрыты новейшими четвертичными отложениями. Залегая непосредственно на поверхности земли, они служат основными материнскими породами.

Выветривание — процесс разрушения и изменения (преобразования) горных пород на поверхности земли, в недрах ее и под водой, вызываемый различными факторами (солнечная радиация, суточные и сезонные изменения температуры, действие атмосферных осадков, грунтовых вод, паров воды, углекислого газа, кислорода, организмов, продуктов их жизнедеятельности и разложения и т. д.).

Горная порода, выветриваясь и раздробляясь, превращается в рыхлую массу, сохраняя свой петрографический и минералогический состав, становится воздухо- и водопроницаемой. Измельчаясь, порода превращается в элювий — землистую, пористую массу, постепенно приобретающую капиллярные свойства и влагоемкость — способность удерживать тот или иной запас воды. По мере дробления породы и уменьшения диаметра частиц до 0,1—0,01 мм физическое выветривание замедляется.

Наряду с физическим происходит химическое выветривание горных пород под действием газов и паров атмосферы, организмов и продуктов их жизнедеятельности. В химическом выветривании велика роль воды как химического реактива и растворителя.

Наиболее распространенными материнскими породами являются континентальные четвертичные отложения: древние и современные ледниковые образования, лесс и лессовидные породы, аллювий, делювий, элювий и др.

К ледниковым образованиям относятся моренные отложения — несортированные, неоднородные, преимущественно глинисто-валунные отложения мощностью 50—60 м и более. К моренам примыкают образования зандровых равнин — флювиогляциальные отложения: галечники, гравий, пески. К ледниковым относятся также древнеозерные слоистые отложения. Это супеси и ленточные глины с песчаными прослойками. Ледниковые отложения распространены на севере и в центре европейской части СССР, в Западной и Восточной Сибири. На юге к ним примыкает область лессов и лессовидных пород. Лёсс — палево-желтая, однородная, пылеватая, микропористая карбонатная порода, способная делиться на вертикальные столбчатые отдельности. Он широко распространен в бассейнах рек Дуная, Днестра, Буга, Днепра, Дона и Волги, в Западной Сибири, в области Тянь-Шаня и Памира. Кроме типич-

ного лесса существуют выветрившийся, а также переотложенный лесс и лессовидные суглинки. Последние широко распространены в средней полосе европейской части СССР (Московская, Смоленская, Минская, Могилевская, Витебская, Калининская, Владимирская, Вологодская, Ярославская, Горьковская области), в Сибири — от Челябинска до Оби, в Барабинских и Кулундинских степях, в верховьях Ангары. Лессовидные суглинки менее карбонатны, грубозернисты и отчетливо слоисты.

На юге европейской части СССР (Украина, Поволжье, Крым, Ергени, Предкавказье) распространены красные и желтые водораздельные глины. Типичные красные глины очень уплотнены, лишены слоистости, содержат гипс (друзы) и многочисленные известковые стяжения — сростки (конкреции). На красных глинах не редко залегают или замещают их желтые глины типа элювиальных образований и делювиальных отложений. Подобные глины встречаются вне распространения красных глин (Ергени, Предкавказье, Кубанская и Терская равнины) и являются элювием коренных пород.

В левобережной части Нижнего Поволжья широко распространены сыртовые глины Заволжья. Они занимают возвышенно-волнистую равнину между Волгой и возвышенностью Общий Сырт на востоке, р. Самаркой на севере и устьем р. Еруслана на юге. По составу эти глины относительно однородные, слоистые, карбонатные, тяжелого механического состава. Сложение их плотное, фильтрационная способность низкая. Эти глины засолены сульфатами и хлоридами. Поверхностные горизонты в северной части массива промыты до глубины 2—3 м, на юге менее 1 м. К сыртовым глинам примыкают древнекаспийские морские отложения.

Все названные древние четвертичные отложения не везде являются непосредственно материнскими породами, так как они лежат под современными генетическими типами геологических отложений, как элювий, делювий, аллювий и пролювий (рис. 1).

Элювий (от латинского eluo — вымываю). Элювием называют континентальные геологические образования, возникшие в результате сильного изменения и разрушения горных пород на месте их первичного залегания. К элювию относят продукты выветривания горных пород, сохраняющие реликтовые структурные и петрографические признаки, генетическую связь и непрерывность последовательного перехода к исходным породам.

Формируется элювий повсеместно и на любых горных породах там, где не наблюдается резко выраженного смыва и размыва или усиленного накопления наносов и нет значительных гравитационных смещений, нарушающих их структуру. Формированию элювия может мешать аккумуляция наносов и эрозия, опережающая скорость элювиообразования.

Элювий дифференцируется на элювий равнин и склонов. Элювий равнин образуется на относительно бессточной, выровненной поверхности земли. В верхних горизонтах он обычно переходит в почву. На склонах и выпуклых водоразделах формируется так на-

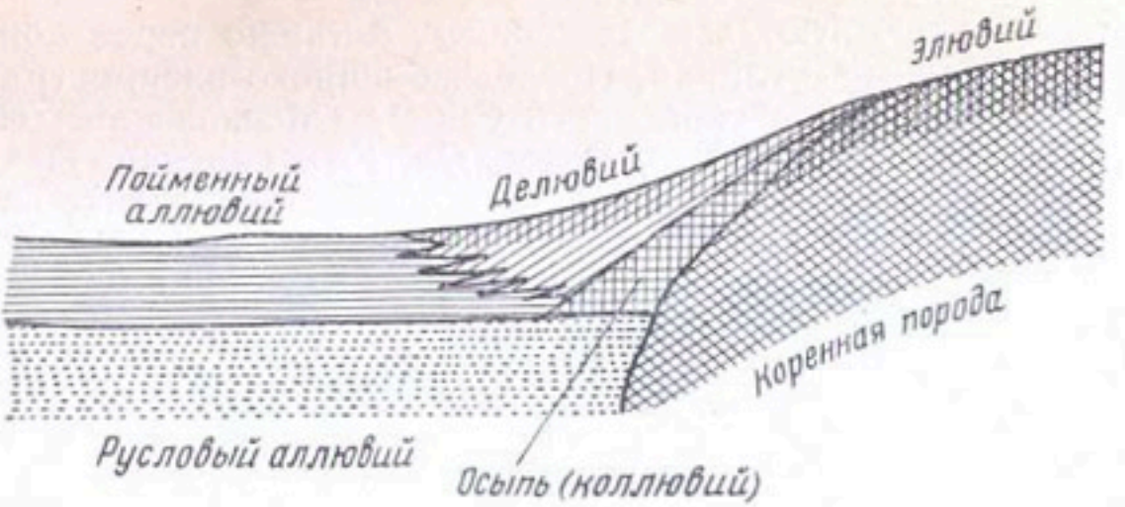


Рис. 1. Схема залегания элювия, коллювия, делювия и аллювия на коренной породе.

зываемый остаточный элювий, который постоянно обновляется в результате плоскостной и линейной эрозии.

Характер элювия сильно зависит от той породы, на которой он возникает. Верхний слой элювия на плотных породах состоит из рыхлых продуктов разрушения плотной породы, часто измененной выветриванием и почвообразованием до неузнаваемости, представляет собой землистую массу без признаков массивно-кристаллических пород. На глубине нескольких метров эта массивно-кристаллическая порода залегает в мало измененном, а еще ниже практически в неизменном виде (рис. 2).

Иной характер имеет элювий, возникший на рыхлой, осадочной породе. Вследствие большой воздухо- и водопроницаемости эта порода разрушается значительно быстрее и на большую глубину. Водные растворы в нее проникают вплоть до первого водоносного горизонта, залегающего иногда на глубине десятков метров. В связи с этим формируется наиболее мощный элювий, притом чем рыхлее исходная осадочная горная порода, тем большей мощности он достигает. Наиболее интенсивное образование элювия приурочено к корнеобитаемой зоне.

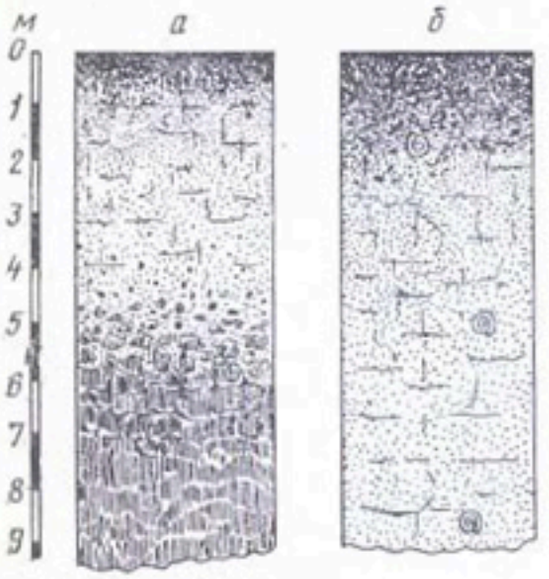


Рис. 2. Схема строения элювия:

а — на плотной породе; *б* — на рыхлой породе.

Элювий имеет ясно выраженные черты зональности. В засушливых (аридных) условиях он щелочной, а в относительно влажных (гумидных) — кислый. В щелочной среде возникает карбонатный элювий типа мергелей, лесса, лессовидных грунтов и т. д. В холодном климате наблюдается оглеение и ожелезнение — формирование мощных сизовато-серых, вязких, глиноподобных элювиальных масс и болотных охристо-желтых образований. В умеренном климате накапливаются красно- и желто-бурые глины и суг-

линки, а в условиях континентально-умеренного пояса при некоторой засушливости образуется карбонатный палево-желтый лессовидный элювий, иногда гипсоносный и обогащенный легкорастворимыми солями.

В субтропиках с теплым и влажным климатом наблюдается сильное выщелачивание элювиальных толщ. Возникший в этих условиях элювий содержит очень много полуторных окислов. Во влажных тропиках в нем накапливается Al_2O_3 с Fe_2O_3 и формируются красноцветные латеро- и бокситоподобные породы.

В пустынях элювий обогащается гидратами полуторных окислов и легкорастворимыми солями. В полупустынях и пустынях местами интенсивно накапливаются соли в самых верхних горизонтах элювия.

Делювий (от латинского deluo — смываю) образуется на склонах в результате смыва и отложения разрушенных выветриванием горных пород.

Делювиальные отложения — это разнообразные по цвету и механическому составу, обычно пористые, отложения, обязанные происхождением деятельности переменных по силе, мощности и времени действия струйных водных потоков, которые не имеют определенных русл, а развиваются на склонах.

Вниз по склону механический состав делювия последовательно изменяется от более крупнозернистого к мелкозернистому. То же наблюдается в вертикальном направлении — внизу делювиального чехла залегают более крупные осадки, вверху — более тонкие. Последнее связано с выравниванием (выполаживанием) склона и затуханием потоков.

Делювий выпуклых склонов в отличие от вогнутых и прямых характеризуется несколько более легким механическим составом. Делювий длинных пологих склонов имеет более тяжелый механический состав, нежели делювий крутых коротких склонов. Различия в экспозиции склонов сказываются на химическом составе делювия: делювий южных склонов относительно менее промыт, более богат солями, особенно карбонатами.

По механическому составу делювий в основной массе представлен в большинстве случаев средними суглинками. Мощный песчаный делювий на широких склонах при относительно малом стоке воды не возникает, так как выпадающие осадки успевают фильтроваться в песчаных породах, не стекая по поверхности склона. Там, где идет разрушение твердых пород, в делювий поступает крупнообломочный материал в виде брекчии и щебня, часто слагающего целые горизонты в основании делювиальных толщ.

Аллювий (от латинского alluvio — намываю) — генетический тип континентальных рыхлых слоистых песчано-глинистых речных, дельтовых, овражно-балочных и озерных отложений. Типичный широко распространенный речной аллювий образуется в результате миграции водных потоков в пределах речных долин. Он дифференцируется на два яруса отложений: а) верхний — собственно пойменные, песчано-глинистые, относительно горизонтально сло-

истые отложения с разновозрастными ископаемыми почвами, формируется в период разлива полых вод; б) нижний — русловые песчано-галечниковые, часто косослоистые отложения с галькой и валунами в основании; образуются в русле в условиях миграции потока.

У основания склонов коренных берегов речных долин формируются смешанные аллювиально-делювиальные отложения. Аллювий равнинных рек характеризуется хорошо выраженным полным аллювиальным комплексом отложений. В долинах горных рек доминирует русловый галечниковый аллювий. В овражно-балочных долинах с выположенным профилем равновесия преобладает пойменный аллювий. В дельтах рек формируется озерно-речной и пресноводно-морской аллювий.

Пролювий (от латинского proluo — сношу) возникает на склонах гор, в области конусов выноса и в устьевых частях горных оврагов в результате деятельности повторяющихся ливневых водотоков. Пролювий склонов и конусов выноса состоит из обломков горных пород разной крупности: от щебня, галечника и гравия до песчано-пылеватых и глинистых осадков включительно.

От свойств материнской породы сильно зависят физические и химические свойства почвы. Но так как мощным фактором почвообразования является биологический (растения и микроорганизмы), то часто можно наблюдать одинаковые почвы на разных почвообразующих породах. Например, черноземы возникают на морене, аллювии, лессе и других породах. Наоборот, на одних и тех же породах могут быть разные почвы. Так, на морене могут быть подзолистые, дерново-подзолистые, черноземные и другие почвы. Но это не умаляет большой роли горных пород в почвообразовании. Рыхлые почвообразующие осадочные породы являются физической средой для корневой системы растений, потому что, обладая достаточно высокой скважностью и водопроницаемостью, обеспечивают растения водой и воздухом.

§ 2. Живые организмы как фактор почвообразования

Образование почвы и ее плодородие во многом зависят от деятельности живых организмов. Почву населяют и участвуют в почвообразовании высшие зеленые растения, микроорганизмы, низшие растения (грибы, водоросли, актиномицеты), беспозвоночные животные (моллюски, черви, насекомые) и высшие позвоночные животные. Их деятельность приводит к обогащению почвы органическим веществом, химическому и механическому воздействию на мертвое органическое вещество в процессе его разложения. Корни растений и роющие животные участвуют в механическом раздроблении почвообразующей породы и в разделении почвенной массы на агрегаты. В результате этой деятельности в почве аккумулируется органика и органо-минеральные соединения, дифференцируются генетические горизонты, повышается плодородие почв.

Наземные зеленые растения делятся на древесные и травянистые. Древесная растительность оказывает влияние на развитие почвы своей корневой массой и растительными остатками — хвоей и листьями, опадающими на поверхность почвы. Под хвойной лесной малозольной растительностью возникают обедненные в результате промывания оподзоленные почвы, а под лиственной — дерново-подзолистые и серые лесные почвы, относительно богатые перегноем и элементами зольного питания.

Травянистые однолетние и многолетние растения содержат в золе много щелочных и щелочноземельных элементов. Поэтому влияние этих растений на почву резко отличается от воздействия древесной растительности.

Корневая система травянистых растений, иногда превосходящая по массе надземную часть, развивается в почве в зависимости от распределения влаги и элементов питания, образуя корневую ярусность по генетическим почвенным горизонтам. Корни выделяют в почву продукты обмена (CO_2, растворимые углеводы, органические кислоты и минеральные соединения), они непрерывно сбрасывают отмершие клетки эпидермиса и образуют вокруг корней органическое вещество, служащее пищей для микроорганизмов. В прикорневом слое, обильно населенном микрофлорой, наблюдается тесная взаимозависимость между растениями и микроорганизмами.

Отмирающие корни — основной источник поступления в почву органического вещества, из которого образуется гумус, окрашивающий почву в темный цвет до глубины массового распространения в ней корневых систем. Извлекая корнями элементы питания с глубины нескольких метров и отмирая, растения вместе с органическим веществом накапливают элементы азотного и минерального питания в верхних горизонтах почвы. Травянистые растения извлекают минеральных веществ из почвы больше, чем древесные.

Отмирающая зеленая растительность разлагается бактериями и грибами. Микроорганизмы энергично видоизменяют не только органическую, но и минеральную часть почвы. Жизнедеятельность их зависит от комплекса почвенных условий, которые могут или способствовать, или задерживать развитие микробов.

Органическое вещество может разлагаться при свободном доступе кислорода воздуха аэробными микроорганизмами: при реакции, близкой к нейтральной,— бактериями, при кислой — грибами. Органическое вещество в заболоченных почвах и горизонтах, залегающих на большой глубине, где нет притока воздуха, разлагается анаэробными бактериями.

Древесина, содержащая дубильные и смолистые вещества, может разлагаться в аэробных условиях в результате жизнедеятельности грибов, которые мирятся с кислой средой.

Количество микроорганизмов в почве достигает огромных величин. В 1 г целинных почв насчитывается 0,5—2 млрд., в окультуренных — 2—3 млрд. микробов и более. Сухая масса их достигает 0,1—1,3 т/га и более.

Живые организмы составляют 0,1—3 % органического вещества почвы. Количество микробной массы заметно увеличивается в окультуренных почвах. В пахотном слое гектара таких почв содержится до 7 т живых микроорганизмов. В течение одного месяца летом в почве сменяется два-три поколения микроорганизмов. Это означает, что в пахотном слое почвы летом действуют десятки тонн живой активной микробной массы.

Число микроорганизмов в почве определяется также общими физико-географическими природными условиями, особенно климатом, сезоном года, температурой почвы, физико-химическими и химическими процессами, культурным состоянием почвы, содержанием гумуса и т. д.

Больше всего микроорганизмов в поверхностных горизонтах почвы (0—10 см). Книзу количество их убывает; на глубине нескольких метров почва относительно стерильна.

Наиболее благоприятна для микробиологических процессов температура от 20 до 40 °С. В хорошо обработанной и удобренной окультуренной почве микроорганизмов больше, чем в необработанной; их больше в нейтральных и известкованных почвах и меньше в засоленных.

Из бактерий, живущих в почве, важное значение имеют аммонификаторы и нитрификаторы. Первые переводят азот из труднорастворимых белковых соединений в доступные растениям формы; вторые сначала окисляют аммиак до азотистой, а затем до азотной кислоты. Образующаяся азотная кислота, соединяясь с основаниями, дает нитраты, используемые растениями как азотную пищу. Нитраты поступают в раствор и могут легко вымываться из почвы, если не будут перехвачены растительностью.

Роль микроорганизмов в земледелии огромная, так как ни азот атмосферы, ни азот органических соединений, поступающих в почву с остатками отмерших растений и животных, непосредственно недоступен для растений. Усваивается только связанный азот в форме растворимых солей.

Особого внимания заслуживают азотфиксирующие бактерии, связывающие азот воздуха. К ним относятся свободноживущие аэробные и анаэробные бактерии, а также клубеньковые аэробные, обитающие на корнях главным образом бобовых растений. Эти бактерии за вегетационный период способны накопить на 1 га почвы до 150—200 кг азота и более.

В почве имеются серобактерии, которые при разложении белков окисляют H_2S до молекулярной серы и H_2SO_4. Роль их в почве очень велика, если учесть, что основная масса серы поступает в почву в форме белковых соединений, недоступных для растений. Железобактерии окисляют закисные соли железа в гидраты окиси в болотных и заболоченных почвах. Некоторые бактерии окисляют соли марганца, образуя железо-марганцевые конкреции.

В почве широко представлены также микроорганизмы, участвующие в превращении соединений фосфора. Имеются бактерии,

Живые организмы составляют 0,1—3 % органического вещества почвы. Количество микробной массы заметно увеличивается в окультуренных почвах. В пахотном слое гектара таких почв содержится до 7 т живых микроорганизмов. В течение одного месяца летом в почве сменяется два-три поколения микроорганизмов. Это означает, что в пахотном слое почвы летом действуют десятки тонн живой активной микробной массы.

Число микроорганизмов в почве определяется также общими физико-географическими природными условиями, особенно климатом, сезоном года, температурой почвы, физико-химическими и химическими процессами, культурным состоянием почвы, содержанием гумуса и т. д.

Больше всего микроорганизмов в поверхностных горизонтах почвы (0—10 см). Книзу количество их убывает; на глубине нескольких метров почва относительно стерильна.

Наиболее благоприятна для микробиологических процессов температура от 20 до 40 °С. В хорошо обработанной и удобренной окультуренной почве микроорганизмов больше, чем в необработанной; их больше в нейтральных и известкованных почвах и меньше в засоленных.

Из бактерий, живущих в почве, важное значение имеют аммонификаторы и нитрификаторы. Первые переводят азот из труднорастворимых белковых соединений в доступные растениям формы; вторые сначала окисляют аммиак до азотистой, а затем до азотной кислоты. Образующаяся азотная кислота, соединяясь с основаниями, дает нитраты, используемые растениями как азотную пищу. Нитраты поступают в раствор и могут легко вымываться из почвы, если не будут перехвачены растительностью.

Роль микроорганизмов в земледелии огромная, так как ни азот атмосферы, ни азот органических соединений, поступающих в почву с остатками отмерших растений и животных, непосредственно недоступен для растений. Усваивается только связанный азот в форме растворимых солей.

Особого внимания заслуживают азотфиксирующие бактерии, связывающие азот воздуха. К ним относятся свободноживущие аэробные и анаэробные бактерии, а также клубеньковые аэробные, обитающие на корнях главным образом бобовых растений. Эти бактерии за вегетационный период способны накопить на 1 га почвы до 150—200 кг азота и более.

В почве имеются серобактерии, которые при разложении белков окисляют H_2S до молекулярной серы и H_2SO_4. Роль их в почве очень велика, если учесть, что основная масса серы поступает в почву в форме белковых соединений, недоступных для растений. Железобактерии окисляют закисные соли железа в гидраты окиси в болотных и заболоченных почвах. Некоторые бактерии окисляют соли марганца, образуя железо-марганцевые конкреции.

В почве широко представлены также микроорганизмы, участвующие в превращении соединений фосфора. Имеются бактерии,

анаэробные организмы. Простейшие принимают некоторое участие в разложении органического вещества почвы.

В почве живут также черви и личинки насекомых. Большое влияние на почвообразование оказывают дождевые черви. Они изменяют физические свойства почвы, прокладывая ходы в ней; пропуская почвенную массу через свой кишечник, обогащают почву кальцием и азотом. Черви и личинки перемешивают почву, вынося землю наверх из глубоких слоев и обогащают ее органическим веществом.

Наконец, почву населяют позвоночные животные, главным образом грызуны (суслики, байбаки, сурки, хомяки, хорьки, мыши, слепыши, кроты), образующие местами многочисленные норы. Заполненные норы землероев, имеющие на почвенном разрезе вид овальных пятен разного диаметра, известны под названием кротовин. Перерытость почвы чаще отрицательно влияет на ее свойства, увеличивая карбонатность и водопроницаемость, вызывая очень большие потери воды на фильтрацию. Глубокая обработка почвы и выравнивание поверхности уменьшают вредное действие землероев.

§ 3. Роль климата, почвенных и грунтовых вод в почвообразовании

Климат — это среднемноголетние показатели погодных условий: количество атмосферных осадков, температура и влажность воздуха, скорость ветра, облачность, количество тепла, поступающее в почву благодаря солнечной радиации. Климат в отличие от изменяющейся погоды более устойчив, хотя также подвержен медленным изменениям. С климатом тесно связаны поверхностные, почвенные и грунтовые воды.

На Земле прослеживается четкая климатическая зональность, с которой тесно связаны географические зоны с различной растительностью и почвами.

Различают климаты: нивальный, гумидный и аридный. В зонах с нивальным климатом осадки выпадают в форме снега, образуется многолетняя мерзлота, формируются бедные слаборазвитые почвы. В зонах с гумидным климатом атмосферные осадки превышают возможное испарение. Это зона избыточного увлажнения, с повышенной промываемостью почв. Там образуются или бедные выщелоченные или заболоченные почвы.

В условиях аридного климата, где атмосферные осадки меньше возможного испарения, характерны иссушенные почвы.

Атмосферные осадки являются важным фактором почвообразования. Выпадая на поверхность почвы, они частично стекают, вызывая смыв почвенного слоя. Остальная их часть инфильтруется в почву, образуя почвенные растворы. Почвенная влага — незаменимый фактор жизни растений и микроорганизмов, активно участвует в выветривании горной породы. От количества атмос-

ферных осадков и режима их выпадения в течение года зависят многие свойства почвы, условия для жизни растений.

Значительная часть почвенных вод расходуется растениями на испарение в процессе фотосинтеза и регулирования их температуры. Часть влаги испаряется с поверхности почвы, часть может стекать в более глубокие слои, образуя грунтовые воды. Со стекающими водами из почвенного слоя выносятся растворенные вещества и коллоиды, что обедняет почву.

В почвообразовании активно участвуют грунтовые воды, залегающие на небольшой глубине. Они могут быть источником поступления в почву минеральных солей, а также служить причиной заболачивания.

Солнечная радиация является основным источником тепла, формирующим температуру воздуха и почвы. От температуры зависят условия жизни растений и микроорганизмов; она влияет на интенсивность физических, химических и биологических процессов, происходящих в почве.

Приземные слои атмосферы находятся во взаимодействии с почвенным воздухом, влияют на его состав. От количества кислорода в почвенном воздухе зависит развитие растений и микроорганизмов, условия превращения органических остатков, образование гумуса.

На процессы почвообразования оказывает влияние ветер, усиливающий испарение с почвы, а при большой скорости вызывающий ветровую эрозию почвы. Почвообразование зависит от особенностей климата в отдельных местах, т. е. от микроклимата, который по-разному складывается в понижениях, на склонах с разной экспозицией, на возвышенностях, на защищенных лесом или крупными элементами рельефа пространствах.

§ 4. Роль географического положения и рельефа местности в почвообразовании

От географического положения местности зависят климатические условия. Различное географическое положение приводит к горизонтальной или вертикальной зональности почвенного покрова. Последняя проявляется в горных условиях. На почвообразование влияет территориальное размещение тех или иных участков поверхности земли по отношению к морскому побережью, к реке и т. д.

Формирование почв тесно связано с рельефом местности. Основными элементами рельефа являются водораздельные пространства, склоны и долины.

В зависимости от размеров элементов рельефа различают макро-, мезо- и микрорельеф.

Макрорельеф — это совокупность наиболее крупных форм поверхности земли данной территории — горной, холмистой или равнинной. Мезорельеф — средние формы поверхности земли, размещающиеся на элементах макрорельефа (второстепенные вы-

пуклые и вогнутые формы поверхности — ложбины, всхолмления и прочие неровности). Микрорельеф — наименьшие формы поверхности земли, наблюдаемые лишь в непосредственной близости и образующиеся на элементах макро- и мезорельефа. К ним относятся различные микроповышения и понижения от одного и нескольких квадратных метров до десятков и сотен квадратных метров с амплитудой по высоте, не превышающей десятков сантиметров (западинки, блюдца, лунки, бороздки или выпуклые возвышения, бугорки, валики, кочки и т. д.).

Почвы с типичным зональным профилем формируются на плоских широких водоразделах и на пологих склонах. На более крутых склонах почвы возникают под влиянием или смыва в верхних частях, или намыва у их основания.

Влияние форм земной поверхности на почвообразование выражается в перераспределении элементов природного плодородия в связи с различным притоком воды и тепла в разных условиях рельефа. Равнинные пространства водоразделов получают все количество осадков, характерное для климата данного пункта, где формируются наиболее типичные почвы района. В умеренной полосе в понижениях, куда стекает дополнительное к осадкам количество воды, развиваются почвы, приближающиеся к более северным. На склонах, особенно южных экспозиций, формируются почвы, сходные с почвами относительно более южных районов.

Почвы на холмах с более сухим микроклиматом по сравнению с почвами на выровненных участках могут быть названы локально аридными (сухими); почвы в понижениях, где воды бывает больше, чем на выровненных водоразделах,— локально гумидными (влажными). Почвы одного и того же района, формирующиеся на разных элементах рельефа, таким образом будут резко различаться между собой по строению, составу, свойствам и возрасту. Так, мощность гумусового горизонта может быть значительно больше у почв в депрессиях, нежели у почв на холмах или склонах, особенно южных. В относительно менее дренированных почвах на понижениях органического вещества и общего азота содержится обычно больше, чем в почвах на повышенных элементах рельефа. Рельеф влияет также на глубину залегания и степень минерализации грунтовых вод.

На формирование почв большое влияние оказывает микрорельеф. Разность высот его измеряется десятками сантиметров. Ширина микроповышений или микропонижений не превышает десятков метров. Микрорельеф приводит к пестроте или комплексности почвенного покрова. Почвы блюдец, западинок (лиманов), лунок и ямок сильнее увлажнены, содержат гумуса больше, чем почвы бугорков, валиков, холмиков. Микрорельеф сказывается на развитии культур и приводит к пестроте урожайности.

§ 5. Роль времени в почвообразовании

Почвообразование, начавшееся одновременно с возникновением жизни на Земле, носит характер бесконечного развития, в то

время как слагающие его частные явления ограничены временем. Различают абсолютный возраст типов почвообразования, типов и видов почв, а также абсолютный возраст конкретных почв отдельных пунктов земного шара.

Почва, развиваясь с течением времени, претерпевает постоянные изменения в связи с динамикой факторов почвообразования и внутрипочвенных процессов. В отдельных точках и участках земной поверхности, где происходит ее обновление (размыв, смыв, намыв), почвообразование протекает прерывисто. Местами почва частично или полностью разрушается и снова возобновляется, ускоренно проходя этапы своего восходящего развития от примитивных к зрелым почвам, каждый раз как бы повторяя приближенно путь эволюционного развития почвообразования. В одних случаях почва развивается быстрее, в других — медленнее.

Различают абсолютный и относительный возраст современных почв. Абсолютный возраст исчисляется абсолютным временем, прошедшим с начала формирования той или иной конкретной почвы до настоящего момента. Почвы одного и того же абсолютного возраста могут резко отличаться по своему развитию.

В зависимости от скорости процесса почвообразования и степени его проявления почвы имеют разный относительный возраст, т. е. одни из них (быстрее развивающиеся) будут отличаться большим относительным возрастом, чем почвы, отстающие в развитии. Критерием относительного возраста почвы могут служить количество и качество органического вещества (гумуса) в ней, интенсивность и характер окраски почвенных горизонтов, макро- и микроструктура, плотность, новообразования, химический состав и свойства. Одноименные почвы относительно большего возраста содержат больше гумуса, структурнее и отчетливее дифференцируются на генетические горизонты.

На более рыхлых осадочных породах, богатых элементами питания растений, почвы развиваются быстрее, чем на плотных твердых породах. Эти различия почвы находятся в прямом соответствии с повышением их плодородия. Абсолютный возраст большей части почв исчисляется многими тысячелетиями.

В природе наблюдаются условия, при которых почвы исчезают с поверхности земли, перекрываясь новейшими наносами — аллювием, делювием, мореной, продуктами извержения вулканов, грязевых излияний, эоловыми наносами и т. д. Почвы могут уходить под воду трансгрессирующих морей и водохранилищ или исчезать под ледником. Такие почвы называются погребенными (ископаемыми). Изучение их позволяет восстановить ход почвообразования в историческом разрезе. В условиях постепенного перекрытия медленно отлагающимися наносами почвообразование не прерывается, а как бы затухает, проявляясь в растянутости профиля погребенной почвы. К таким почвам можно отнести мощные ископаемые сероземы на лессах.

В ледниковый период огромная территория Земли была занята льдами, под которыми прекращалось почвообразование. Отступле-

ние ледника проходило в течение многих тысячелетий. На освободившихся от льда территориях появилась растительность и снова возникла почва. Значительно раньше освободившиеся пространства на юге нашей страны заняты теперь абсолютно более древними почвами, чем более молодые почвы северных районов.

Вне пределов оледенения почвы значительно древнее, но и там нет почв дочетвертичного возраста, так как поверхность земли постоянно изменяется в результате денудации, эрозии и аккумуляции наносов. По этой же причине в любом районе страны имеются более старые почвы на плоских водоразделах и более молодые на склонах, обновляемых размывом и делювиальными отложениями.

Для определения возраста почв существует много методов, из которых надо назвать геохронологический, археологический, геологический, геохимический, микроморфологический, радиоуглеродный (по содержанию C^{14}) и др. Возраст пойменных почв можно установить, зная возраст пойменных наилков. По строению гумуса почвы, продуктам распада элементов и изотопам может быть выявлен возраст древнейших почв.

§ 6. Производственная деятельность человека и почвообразование

В настоящее время почва подвергается все большему влиянию производственной деятельности человека. До недавнего прошлого оно в основном было стихийным: иногда положительным, иногда отрицательным. Почва истощалась и разрушалась, когда без коренного улучшения и заботы о плодородии в будущем ее использовали для получения наивысших доходов. На огромных площадях она теряла структуру, местами размывалась водой и развевалась ветром. Беспорядочное орошение земель в прошлом привело к массовому засолению и заболачиванию почв. При выжигании и вырубке лесов усиливалось вредное действие засухи, которое выразилось в обеднении почв перегноем и ухудшении их физических и химических свойств.

Производственная деятельность человека в настоящее время становится ведущим фактором культурного почвообразования. Если высокое плодородие в природе создавалось на протяжении веков, то сейчас человек может сделать это в значительно более короткие сроки.

Процесс окультуривания почв в настоящее время прогрессивно усиливается, что способствует созданию почв с высоким потенциальным и эффективным плодородием. Большое значение имеют работы по мелиорации почв, осуществляемые в широких масштабах как в нашей стране, так и во многих других странах мира.

§ 7. Элементы почвообразовательного процесса

Процесс почвообразования представляет собой комплекс более простых физических, физико-химических, физико-биологических и биологических процессов или явлений.

К физико-химическим процессам почвообразования относятся:

а) образование суспензий и почвенных растворов; б) перемещение растворов, растворенных веществ и суспензий под действием силы тяжести, температуры, осмоса, диффузии и т. д.; в) выпадение солей из растворов вследствие изменения компонентов и концентрации их, влажности, температуры, поглотительной способности почвы и т. д.; г) сорбция, абсорбция; д) фазовые превращения.

При образовании почв происходят разнообразные химические реакции под действием минеральных кислот и солей, органических соединений.

К биологическим процессам почвообразования относятся: а) минерализация органических остатков — превращение сложных органических веществ в простые минеральные соединения при участии микроорганизмов и энзимов, выделяемых ими (аммонизация, нитрификация, денитрификация, гниение белков, метановое и водородное брожение клетчатки, брожение крахмала и пектиновых веществ, а также изменение состава жиров, смол, восковых и дубильных веществ, разрушение древесины и т. д.); б) гумификация — образование относительно стойких гумусовых веществ из остатков растений при участии бактерий и грибов; в) синтез органического вещества; г) ассимиляция микроорганизмами и растениями некоторых элементов атмосферы и выделяемых почвой в воздух летучих органических веществ.

На основе комплекса элементарных физико-химических и биологических процессов в почве протекают в различных сочетаниях элементарные процессы почвообразования, слагающие общий процесс образования почв.

К ним относятся о г л и н е н и е — образование вторичных глинистых минералов в процессе минерализации органических остатков в различных гидротермических условиях;

л а т е р и т и з а ц и я, состоящая в том, что в условиях жаркого и влажного климата под воздействием растений происходит быстрый распад первичных и вторичных алюмо- и ферросиликатов на окислы железа, алюминия и кремнезема, охватывая всю толщу почвы;

л е с с и в а ж, или обезиливание, представляющее собой вымывание илистых частиц из верхнего слоя почвы в нижний;

о п о д з о л и в а н и е — глубокое разложение минеральной части почвы под влиянием кислых перегнойных веществ и вынос из поверхностных горизонтов растворенных и взвешенных веществ. Этому способствует микрофлора, развивающаяся в верхней части почвы. Одновременно с оподзоливанием идет процесс вымывания — формирования элювиального горизонта (горизонт A_2) почвы и процесс вымывания — образования иллювиального горизонта (горизонт B);

о ж е л е з н е н и е — обогащение почвы железом протекает наряду с другими элементарными процессами почвообразования. Соединения железа и марганца, постоянно переходящие в раствор и осаждающиеся в почве, образуют рудяковые (ожелезненные) горизонты;

заболачивание — переувлажнение почвы, сопровождаемое сложными восстановительными процессами и оглеением.

оглеение — возникновение глеевого горизонта почвы в виде вязкой глиноподобной массы, появляющейся в результате восстановления и разложения минеральных веществ в анаэробных условиях при переувлажнении поверхностными или чаще застойными грунтовыми водами;

засоление — прогрессивное накопление легкорастворимых солей в почве, принимающих все большее участие в почвообразовании и в формировании солончаковых почв и солончаков;

осолонцевание — процесс образования солонцеватых почв и солонцов, происходящий при периодическом промывании почв, содержащих соли натрия, сопровождающийся поглощением обменного натрия с вытеснением из поглощающего комплекса других катионов;

осолодение — глубокий распад алюмосиликатов и кремнезема солонцеватой почвы в результате активной деятельности диатомовых водорослей в условиях застоя воды и промывания слабоминерализованными щелочными растворами;

гумусообразование — накопление гумуса в форме различных соединений, образующегося при разложении остатков отмерших растений и микроорганизмов;

торфообразование — консервирование и накопление слабо разложившихся растительных остатков на поверхности почвы. Оно возникает в результате замедленной гумификации и весьма слабой минерализации органического вещества при высоком стоянии почвенных и грунтовых вод.

Элементарные процессы почвообразования обычно идут в различных сочетаниях, определяемых характером преобладающих факторов и местных условий внешней среды.

В результате сочетания многочисленных элементарных процессов создается тот или иной почвенный профиль с генетическими горизонтами, характерными для соответствующего типа почвообразования.

Глава II
МОРФОЛОГИЯ И СОСТАВ ПОЧВ

§ 8. Морфологические признаки почв

Морфология почвы — это совокупность ее внешних признаков. Она отражает основные моменты развития почвы и ее свойства. По внешним признакам почвы можно судить о происходящих в ней процессах. К основным морфологическим признакам относят: строение и мощность почвенного профиля, его окраску, структуру, сложение, имеющиеся в почвенном слое включения и новообразования.

Строение почвенного профиля. Почвенный профиль представляет собой совокупность сопряженных и закономерно сменяющихся

горизонтов различного происхождения, или генезиса. Совокупность этих горизонтов определяет строение почвенного профиля.

Генетические горизонты различаются по следующим морфологическим признакам: окраске, структуре, сложению, включениям и новообразованиям, составу.

В полном профиле хорошо развитой почвы выделяют четыре генетических горизонта: A — гумусово-аккумулятивный; B — иллювиальный, или переходный; C — слабо измененная в процессе почвообразования материнская порода и D — подстилающая почву горная порода, не измененная в процессе почвообразования.

В гумусово-аккумулятивном горизонте сосредоточена основная масса корней растений и растительных остатков, идет процесс их разложения, образования и накопления гумуса. В этом горизонте сосредоточена основная масса микроорганизмов и элементов питания для растений. Этому горизонту свойственна темная окраска, повышенная рыхлость. Мощность его колеблется в широких пределах — от 5 до 50 см. Горизонт A может разделяться на подгоризонты: A_0 — органические остатки на поверхности почвы — лесная подстилка, опавшие листья травянистых растений, моховой очес торфяноболотных почв; A_1 — собственно гумусово-аккумулятивный горизонт, где сосредоточена основная масса гумуса; A_2 — элювиальный горизонт, из которого вымываются питательные элементы, гумус, коллоиды в подстилающий горизонт B. На окультуренных почвах, используемых под посев сельскохозяйственных культур, выделяют пахотный горизонт $A_п$. Выделяют также $A_т$ — торфяной горизонт на торфяных болотных почвах и $A_д$ — дерновый горизонт.

Горизонт A подстилается иллювиальным или переходным горизонтом B, в котором могут сосредоточиваться продукты вымыва из горизонта A, в результате чего он отличается повышенной плотностью, меньшим содержанием гумуса, повышенным содержанием окислов железа, имеет бурую окраску. Этот горизонт в некоторых почвах разделяют на подгоризонты B_1 и B_2 в зависимости от скопления карбонатов, сульфатов (в том числе и гипса).

Граница между горизонтами не всегда четкая, поэтому иногда выделяют горизонты плавного перехода, например A_2B_1, BC и т. д. В отдельных почвах выделяют глеевой горизонт G; отмечают скопление карбонатов, гипса, растворимых солей.

Окраска почвы, или ее цвет, является наиболее ярким морфологическим признаком. Окрашенность может быть равномерной по генетическим горизонтам или неравномерной, в виде полос и пятен. Она тесно связана с генезисом и свойствами почвы и зависит от степени ее увлажнения, цвета почвообразующей породы, новообразований, содержания гумуса, различных солей и т. д. На тональность окраски влияет интенсивность освещения, при котором определяется цвет почвы. Полевые определения корректируются в лаборатории при сравнении окраски почвенных образцов в воздушно-сухом состоянии и при дневном освещении.

Различают основные цвета и оттенки. Основные цвета почв можно представить треугольником цветов (по С. А. Захарову, рис.

Рис. 3. Основные цвета почв.

3). Черная окраска обусловливается находящимся в почве органическим веществом, отчасти окислами марганца. Красную окраску придает почве гематит, бурый железняк. Белая окраска может быть объяснена присутствием в почве кремнезема, извести, глинозема, каолинита, мергеля и т. д. Окраска почвы состоит из сочетания многих цветов и оттенков.

Структура почв — важный морфологический признак. Под ней понимают макроагрегатное строение твердой фазы почвы. Почвенные агрегаты формируются в результате слипания (склеивания) элементарных почвенных частичек и микроагрегатов в более крупные отдельности диаметром 1—10 мм и более. Эта способность твердой фазы почвы образовывать из механических элементов и элементов микроструктуры комплексные макроструктурные отдельности называется структурностью. Различают микроструктуру (диаметр частиц $<0{,}25$ мм), макроструктуру (0,25—10 мм) и мегаструктуру (>10 мм). Структура почвы — это размер и форма макроагрегатов.

Основной элемент структуры — комок. Это комплекс элементарных почвенных частиц, связанных в микроагрегаты, объединенных, в свою очередь, в сложные макроагрегаты. Комок, как правило, пронизан внутриагрегатными капиллярными порами разной формы и диаметра — от нескольких миллиметров до сотых и тысячных долей миллиметра. Комки при взаимном расположении создают межагрегатную пористость (рис. 4).

Процесс структурообразования в основном заключается в том, что отдельные механические элементы почвы и группы частиц покрываются коллоидными пленками, которые способствуют последовательному склеиванию групп частиц в комплексы. Очень важное значение в этом отношении имеют органические коллоиды, особенно вновь образующийся (деятельный) гумус. Он покрывает первичные отдельности и связывает их.

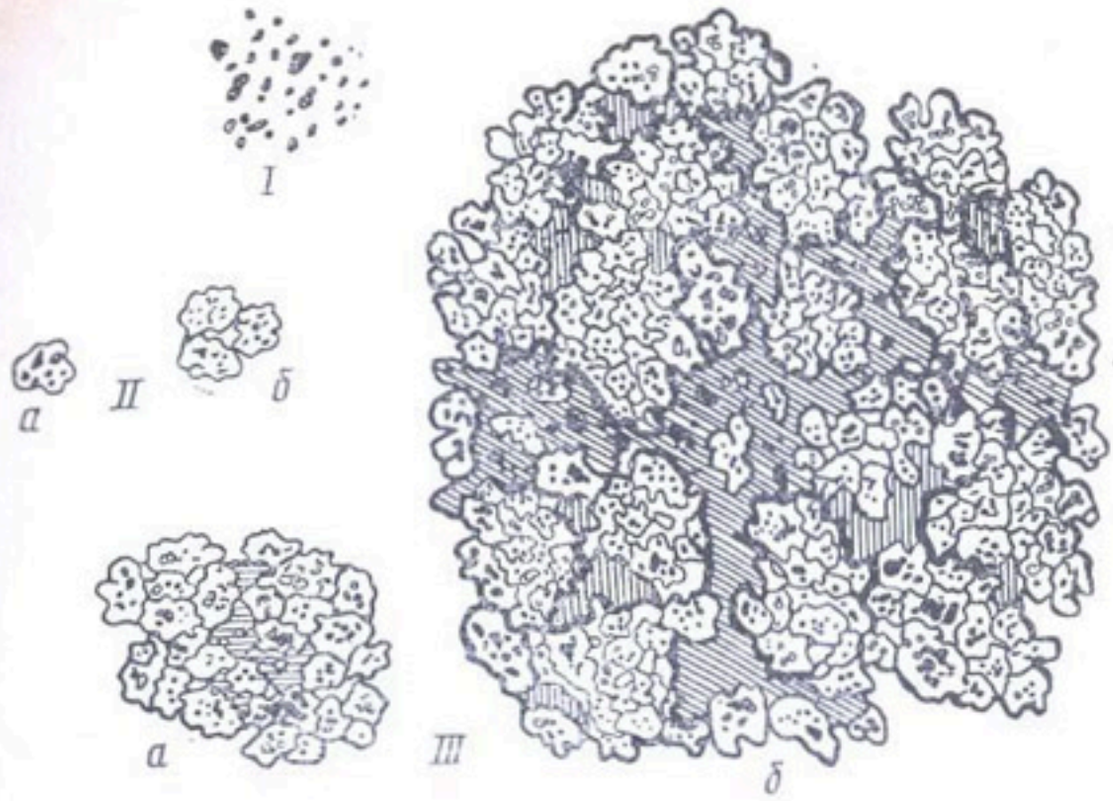


Рис. 4. Схема строения агрегатов почв (увеличено в 3—4 раза):
I — элементарные частицы; II — микроагрегаты и III — макроагрегаты: *а* — первого порядка; *б* — второго порядка.

В результате взаимопритяжения и слипания почвенных частичек последовательно возникают микроагрегаты, которые соединяются в макроагрегаты разной величины. Водопрочность комочков связана с микробиологической деятельностью. Различают сезонную (временную) и относительно постоянную водопрочность. Первая обусловлена наличием клеящего вещества белкового типа и легко разрушается, вторая, более устойчивая, создается гумусовыми веществами. Структура формируется и вследствие периодического промерзания, оттаивания, попеременного увлажнения, набухания, растрескивания почвы и пр.

Структура почвы со временем изменяется, а при неправильной агротехнике может разрушаться и утрачиваться. Причинами утраты структуры являются механический распад комков, физико-химические и биологические процессы. При излишнем рыхлении почвы или значительном уменьшении влажности усиливается жизнедеятельность аэробных микроорганизмов, что приводит к ускоренному разрушению гумуса, склеивающего почвенные частицы и агрегаты (рис. 5).

С. С. Захаров различает классы, роды и виды структуры по форме и размерам отдельностей (табл. 1).

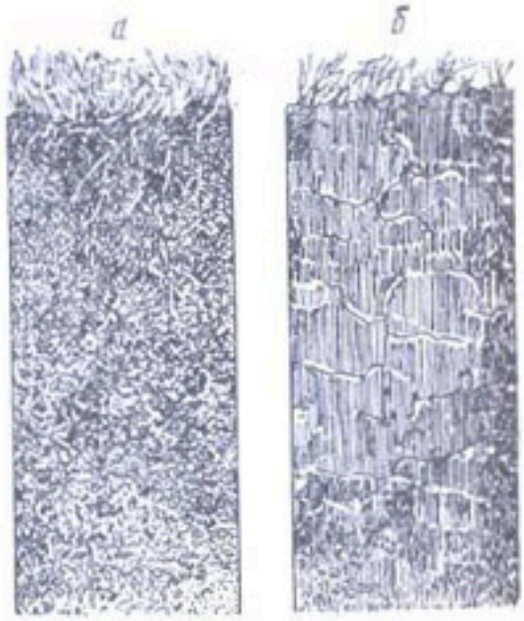


Рис. 5. Структурная (*а*) и бесструктурная (*б*) почва.

1. Виды структуры

Форма структуры	Вид структуры	Поперечник для I и II типа и толщина для III типа (в мм)
I тип — кубовидная структура		
Грани и ребра выражены плохо		
Глыбистая — неправильная форма и неровная поверхность	1. Крупноглыбистая	>100
	2. Мелкоглыбистая	100—50
Комковатая — неправильная форма, округлая и шероховатая поверхность	3. Крупнокомковатая	50—30
	4. Комковатая	30—10
	5. Мелкокомковатая	10—0,5
Пылеватая	6. Пылеватая	<0,5
Грани и ребра выражены хорошо		
Ореховатая — более или менее правильная форма, поверхность граней сравнительно ровная, ребра острые	7. Крупноореховатая	>10
	8. Ореховатая	10—7
	9. Мелкоореховатая	7—5
Зернистая — более или менее правильная форма, иногда округлая, с гранями то шероховатыми и матовыми, то гладкими и блестящими	10. Крупнозернистая (гороховатая)	5—3
	11. Зернистая (крупинчатая)	3—1
	12. Мелкозернистая (порошистая)	1—0,5
II тип — призмовидная структура		
Грани и ребра выражены плохо		
Столбчатовидная — неправильная форма со слабовыраженными неровными гранями и округлыми ребрами	13. Крупностолбчатовидная	>50
	14. Столбчатовидная	50—30
	15. Тонкостолбчатовидная	<30
Грани и ребра выражены хорошо		
Столбчатая — правильная форма с довольно хорошо выраженными гладкими боковыми гранями, округлой головкой и плоским основанием	16. Крупностолбчатая	>50
	17. Столбчатая	50—30
	18. Тонкостолбчатая	<30
Призматическая — с плоскими поверхностями и острыми ребрами	19. Крупнопризматическая	>50
	20. Призматическая	50—30
	21. Мелкопризматическая	30—10
	22. Карандашная	<10
III тип — плитовидная структура		
Плитчатая — слоеватая с более или менее развитыми горизонтальными плоскостями спайности	23. Сланцеватая	>5
	24. Плитчатая	5—3
	25. Пластинчатая	3—1
	26. Листоватая	<1
Чешуйчатая — со сравнительно небольшими, отчасти изогнутыми плоскостями	27. Скорлуповатая	>3
	28. Грубочешуйчатая	3—1
	29. Мелкочешуйчатая	<1

В структурной почве более благоприятно складывается водный режим. Оросительная вода или вода выпадающих осадков проникает в почву по некапиллярным порам — межагрегатным пустотам и впитывается по капиллярам внутрь комков.

Оструктуривания требуют в первую очередь плотные, более тяжелые глинистые и суглинистые почвы. Почвы средние и легкие, легкосуглинистые и супесчаные по природе характеризуются более благоприятными физическими свойствами и прежде всего нуждаются в обогащении органическим веществом и минеральными элементами питания растений. Для высокого плодородия почв и высоких урожаев культур не во всех условиях нужна комковато-зернистая структура. Отмечено, что для благоприятной аэрации в засушливой зоне агрегаты должны быть тем мельче, чем суше климат. Где выпадает много осадков и почва достаточно увлажнена, требуется более выраженная макроструктура, обеспечивающая необходимую аэрацию. Некоторые почвы южных районов, приближающиеся к бесструктурным, имеют лишь микроструктуру (сероземы, бурые почвы) и отличаются относительно высоким плодородием.

Сложение почвы — внешнее выражение ее пористости и плотности. По плотности различают сложение очень плотное (слитое), плотное, уплотненное, слаборыхлое, рыхлое и рассыпчатое. По размерам и характеру пористости сложение может быть тонкопористое (диаметр пор до 1 мм), пористое (1—3 мм), губчатое (3—5 мм), ноздревато-дырчатое (5—10 мм), ячеистое (диаметр полостей больше 10 мм), трубчатое и т. д.

При наличии в почве трещин различают сложение тонкотрещиноватое (расстояние между стенками трещин до 3 мм), трещиноватое (3—10 мм) и щелеватое (больше 10 мм). Трещины могут быть временными и более или менее постоянными. Неустойчивые, кратковременные трещины появляются периодически, например при высыхании почвы. При увлажнении и набухании почвы они исчезают. Трещиноватость может быть причиной излишней дренированности почвы и вредных деформаций — воронок размыва и провальных образований. Последнее нередко связано с выносом пылевато-иловатых тонких фракций механического состава в почвах, подстилаемых галечником.

Сложение рыхлое и ячеистое независимо от структурного состояния и механического состава почвы может быть обусловлено степенью изрытости почвы землероями, червями, личинками, пронизанностью корнями растений и т. д. Сложение, как и другие морфологические признаки, со временем изменяется в зависимости от хода физико-химических и биологических процессов в почве. В дальнейшем под воздействием растений, червей и микроорганизмов почва, приобретая структурность, становится рыхлее, а в других случаях, теряя структуру, уплотняется.

Сложение почвы заметно меняется под влиянием гидромелиорации. При правильном регулировании влажности и с улучшением структуры почва становится рыхлой. Необходимое сложение ее

достигается обработкой, при которой используется свойство почвы крошиться на мелкие отдельности при влажности, соответствующей ее физической спелости. Подобное крошение происходит также при периодическом замерзании и оттаивании почвы, ее увлажнении и высушивании, проникновении в нее корней и т. д.

Включения и новообразования. Включениями называют различные тела, механически вовлеченные в почвенную массу. Они в некоторой степени характеризуют условия возникновения почв. В почве могут быть раковины, кости животных, древесная кора, древесина, обломки горных пород, а также разнообразные мелкие линзы и прослойки. Включениями могут быть случайные предметы, например уголь, обломки посуды, кирпичей, стекла и археологические находки (монеты и др.). Обломки горных пород и минералов диаметром больше 2—3 мм известны под названием скелета почвы. Различают бесскелетные (мелкоземные) почвы, слабоскелетные (скелета меньше 10 %), скелетные (10—30 %) и сильноскелетные (больше 30 %).

Новообразованиями называют различные выделения и скопления в почве, связанные с почвообразованием. Различают новообразования химического и биологического происхождения. К химическим относят выцветы солей или налеты на поверхности почвенных отдельностей, корочки, примазки, потеки по трещинам и на поверхности отдельностей, прожилки и трубочки по местам сгнивших корней и червоточинам, конкреции, прослойки и др.

По составу новообразования могут представлять собой выцветы таких растворимых солей, как хлориды и сульфаты, известь (пятна мучнисто-белого цвета), соединения водной окиси железа (красно-бурого, ржавого и охристого цвета), закись железа (грязно-зеленоватого и голубоватого цвета), соединения марганца (черного цвета), кремнекислота (светлого и белесоватого цвета) и т. д.

Полуторные окислы образуют охристые пленки и выцветы, пятна, примазки, потеки, языки и разводы. Иногда они встречаются в виде бурых трубочек, ржавых прожилок, бурых рудяковых зерен, бобовин и прослоек железистого рудяка или ортштейна и жерствы. Соединения железа и марганца в почве встречаются в виде конкреций и бобовин. Кремнекислота обусловливает кремнеземистую, серую присыпку по трещинам и порам, белые и белесые пятна и языки, белесоватые прожилки и т. д. Перегнойные вещества дают бурые и темно-бурые глянцевитые пятна, языки и тонкие корочки, буро-черные инкрустации на поверхности структурных отдельностей.

Новообразования биологического происхождения могут быть: зоогенные в форме клубочков и узелков — экскрементов червей и личинок насекомых, структурных комочков, выбрасываемых муравьями при постройке жилищ, червороин и червоточин, кротовин — нор землероев и других животных; фитогенные в виде дендритов — узоров мелких корешков на поверхности структурных агрегатов, крупных пустот в местах сгнивших корней и др. Пустоты в местах крупных корней, засыпавшиеся рыхлой землистой

массой, иногда имеют некоторое сходство с кротовинами, но легко распознаются по остаткам растительности и другим признакам. Кротовины в почвенном разрезе выступают в виде ярких округлых, эллиптических продольных пятен, темных на светлом фоне нижних горизонтов, в связи с осыпанием сверху, или более светлых на темном фоне перегнойных горизонтов в форме нор, заполненных землей, вынесенной землероями снизу. Размеры и форма кротовин зависят от величины землероев и от угла, под которым разрез расположен к направлениям нор. В почве часто обнаруживаются неразложившиеся остатки корней деревьев и трав, корневищ, клубней, луковиц.

§ 9. Состав почвы

Почва представляет собой сложную многофазную полидисперсную систему. Вещество почвы находится в различных состояниях и образует следующие фазы: твердую, жидкую, газообразную и живую.

Твердая фаза представлена минеральными частицами, раздробленными в разной степени, и органическими остатками, находящимися в различной стадии разложения, и иногда льдом. Жидкая фаза представлена водой и небольшим количеством жидких органических веществ. Газообразная фаза — это почвенный воздух, содержащий водяные пары и по своему составу отличающийся от атмосферного повышенным содержанием углекислого и других газов.

В почве наблюдается сложное взаимодействие между фазами, постоянно идут процессы перехода вещества из одной фазы в другую: испарение, конденсация, замерзание, оттаивание, разложение и синтез органического вещества. (Живые организмы, являющиеся неотъемлемой частью почвы, рассмотрены в предыдущей главе как важнейший фактор почвообразования).

Рассмотрим здесь более подробно твердую фазу почвы, ее минералогический, химический и механический состав, почвенные коллоиды и органическое вещество. Жидкая и газообразные фазы будут описаны в последующих главах, посвященных водному и воздушному режиму почв.

Минералогический состав почвы во многом зависит от состава почвообразующей горной породы и представлен первичными и вторичными минералами. Из первичных минералов наиболее распространенными являются: кварц, полевой шпат, слюда, роговая обманка, авгит, магнетит, гематит, апатит и др. Первичные минералы образуют инертную часть почвы, ее скелет, содержание их больше в песчаных почвах.

Первичные минералы в процессе выветривания образуют вторичные минералы и элементы минерального питания растений. Из вторичных минералов в почве имеются: каолинит, монтмориллонит, кальцит, гипс, мирабилит, галит, гетит, пиролюзит, галлуазит, доломит и др.

Вторичные минералы можно разделить на минералы, состоящие из простых солей, гидроокислов и окислов, и минералы глинистые. Минералы в виде простых солей следующие: кальцит ($CaCO_3$), доломит [$CaMg(CO_3)_2$], сода (Na_2CO_3), гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), магнезит ($MgCO_3$), мирабилит ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$), галит (NaCl), фосфаты, нитраты. От их количества зависит степень засоления почвы. Они могут накапливаться в почве в условиях сухого климата. Минералы — гидроокислы и окислы (железа, алюминия, серы, марганца и др.) образуются при выветривании первичных минералов. Минералы в виде вторичных алюмо- и ферросиликатов, каолинита, гидрослюд, монтмориллонита являются составной частью глин и поэтому называются глинистыми. Они сильно раздроблены, обладают склеивающей способностью, т. е. образуют структурные отдельности, имеют большую поглотительную способность. От содержания глинистых минералов зависит липкость почвы, ее водопроницаемость, набухание, гигроскопичность.

От содержания вторичных минералов зависят условия питания растений, структурообразование почвы, ее химические, физические, водные, воздушные свойства и плодородие почвы.

Химический состав твердой фазы почвы также во многом зависит от состава почвообразующей породы. В почве преобладает окись кремния SiO_2 и органогенные элементы C, H, O, N, P, S, K, Ca, Mg. Последние являются источником питания растений, и от их содержания зависит плодородие почвы. Особую роль в питании растений играет азот, фосфор и калий. Азот в почве представлен нитратами, аммонийными солями, входит в состав почвенного воздуха и гумуса. Многие соединения азота подвижны, легко вымываются. Недостаток азота, а также фосфора и калия в почве компенсируют органическими и минеральными удобрениями.

В почве содержатся токсичные для растений элементы: хлор, натрий, марганец, алюминий. Повышенное их содержание делает почву засоленной. В почве имеются микроэлементы: бор, молибден, цинк, кобальт, йод, играющие важную физиологическую и биохимическую роль.

В небольших количествах в почве представлены радиоактивные элементы, обусловливающие ее природную и искусственную радиоактивность. Природная радиоактивность почвы зависит от содержания в ней урана, тория, радия, радиоактивных изотопов калия, кальция, углерода. Искусственная радиоактивность вызвана использованием человеком атомной энергии.

Механический и микроагрегатный состав почвы. Различают элементарные твердые почвенные частицы, микроагрегаты и макроагрегаты. Микроагрегаты образуются в результате слипания и склеивания элементарных частиц под влиянием физических, химических, физико-химических и биологических процессов; диаметр их обычно менее 0,25 мм. Макроагрегаты образуются из микроагрегатов и элементарных частиц; диаметр их, как правило, более 0,25 мм.

Элементарные почвенные частицы находятся в разной степени раздробленности — диаметром от долей миллиметра до нескольких миллиметров и даже сантиметров. От размера почвенных частиц зависят многие физические и физико-химические свойства. Поэтому необходимо классифицировать почвы исходя из размеров элементарных частиц. Все частицы в зависимости от их размеров объединяют в группы или фракции. Процентное содержание этих фракций называется механическим, или гранулометрическим, составом почвы. В таблице 2 приведена классификация элементарных почвенных частиц по фракциям.

2. **Классификация элементарных почвенных частиц** (по В. Р. Вильямсу и Н. А. Качинскому)

Диаметр частиц (в мм)	Механические фракции	Группы фракций
Менее 0,0001	Коллоиды	Физическая глина
0,0001—0,0005	Ил тонкий	
0,0005—0,001	Ил грубый	
0,001—0,005	Пыль мелкая	
0,005—0,01	Пыль средняя	
0,01—0,05	Пыль крупная	Физический песок
0,05—0,25	Песок мелкий	
0,25—0,50	Песок средний	
0,50—1,00	Песок крупный	
1,00—3,00	Гравий	Каменистая часть
3,00—10,00	Хрящ	
Более 10,00	Камни	

Камни, хрящ и гравий представляют собой обломки горных пород, сохранившие их строение и свойства; они влияют на физические свойства почв.

Песок (диаметр частиц 1 — 0,05 мм) — малоподвижная часть почв, состоит главным образом из кристаллической кремнекислоты, частично из пластинок слюды и обломков других минералов, почти не принимает участия в химических процессах и не является непосредственной пищей растений, но влияет на физические свойства. Песок — конечный продукт механического выветривания силикатных горных пород.

Пыль (диаметр частиц 0,05—0,001 мм) состоит преимущественно из кристаллической устойчивой и аморфной кремнекислоты. Фракция пыли — относительно инертная часть почвы; химические и физические процессы в ней протекают слабо.

Ил (диаметр частиц меньше 0,001 мм, включая коллоиды — частицы меньше 0,0001 мм) — наиболее активная и подвижная глинистая часть почв. В него входят минеральные и в меньшем количестве органические вещества. Эта фракция обладает высокой связностью, пластичностью, свертывается электролитами.

Механический состав почвы устанавливают по классификации, предложенной Н. А. Качинским (табл. 3), с учетом содержания фи-

3. **Классификация почв по механическому составу** (по Н. А. Качинскому)

Почвы подзолистого типа	Почвы степного типа	Солонцы и солонцеватые почвы	Краткое название почвы по механическому составу
содержание частиц (в %) диаметром менее 0,01 мм			
0—5	0—5	0—5	Песок рыхлый
5—10	5—10	5—10	» связный
10—20	10—20	10—15	Супесь
20—30	20—30	15—20	Суглинок легкий
30—40	30—45	20—30	» средний
40—50	45—60	30—40	» тяжелый
50—65	60—75	40—50	Глина легкая
65—80	75—85	50—65	» средняя
>80	>85	>65	» тяжелая

зической глины (частиц <0,01 мм) и физического песка (частиц >0,01 мм). Более подробное название устанавливают, исходя из результатов анализа по преобладающей и сопутствующей фракции (глина, ил, пыль средняя и мелкая, пыль крупная, песок). Преобладающая фракция ставится в конце наименования механического состава, подчеркивая ее ведущее значение, например, среднесуглинистая, пылевато-иловатая почва и т. д.

Механический состав почв с течением времени изменяется в сторону утяжеления, а в элювиальных горизонтах (A_2) он относительно облегчается вследствие выноса тонкодисперсной части. От механического состава зависят водные, физические и физико-механические свойства почв. Так, песчаные и супесчаные почвы обычно бесструктурны, но имеют благоприятный воздушный и тепловой режимы, хорошо водопроницаемы, но слабовлагоемки; характеризуются малым сопротивлением обрабатывающим орудиям. В то же время они бедны гумусом, азотом, элементами зольного питания растений, вследствие чего быстро истощаются и больше других почв нуждаются в удобрениях.

Глинистые почвы, наоборот, богаты элементами зольного питания растений, обладают высокой влагоемкостью и слабой водопроницаемостью, плохой водоотдачей и аэрацией и неблагоприятными тепловыми свойствами (холодные почвы); оказывают большое сопротивление обрабатывающим орудиям. На этих почвах нередко образуется труднопроницаемая для воды и воздуха корка.

Легко- и среднесуглинистые почвы, занимающие промежуточное положение по свойствам и составу, являются наилучшими почвами. Однако по механическому составу почв можно лишь приближенно говорить об их физических свойствах, так как сложение механических элементов (фракций) не дает суммы их свойств. Например, ил отличается плохой водопроницаемостью и слабо выраженной подвижностью воды по капиллярам. Этот же ил, но насыщенный кальцием и железом, является важным фактором структурности почв, обусловливая создание наиболее благоприятных физических свойств почвы. В природе наблюдается большое разнообразие механического состава почв.

Почвы близкого или одинакового механического состава могут значительно различаться по физическим свойствам. Большие различия в свойствах почвы обусловливаются неодинаковостью микроагрегатного состава. Микроагрегаты разделяют на фракции микроагрегатным анализом.

Способность почвы образовывать микроагрегаты зависит от количества ила. Отношение количества ила, получаемого при микроагрегатном анализе, к количеству ила при механическом анализе называется коэффициентом дисперсности (по Н. А. Качинскому). Чем больше это отношение, тем меньше способность почвы к образованию агрегатов, тем менее прочна микроструктура и структура почвы. Коэффициент дисперсности черноземов не более 10 %, у солонцов он может превышать 60—80 %.

Микроагрегатный состав почвы — величина динамичная, а в связи с этим динамичны и основные физические свойства почвы.

Органическое вещество — неотъемлемый компонент почвы, от которого зависит почвообразование и плодородие. Представлено оно органическими остатками, не утратившими тканевое строение, и гумусом (перегноем) — новообразованием биохимической природы, являющимся комплексом специфических высокомолекулярных азотсодержащих органических соединений.

Органическое вещество почвы образуется из органических остатков отмерших растений и животных. На гектаре черноземной почвы ежегодно остается около 7 т воздушно-сухой растительной надземной массы и до 27 т корней, а в почве пустынных степей (сероземах) — около 1 т надземной массы растений и около 15 т корней.

В средней полосе в одометровом слое под многолетними культурами на одном гектаре остается до 15 т корней, а под однолетними культурами — 3—5 т и более. Растительные остатки (наземные и корни) являются основным источником органического вещества в почве.

Органическое вещество почвы состоит в основном из четырех элементов: углерода, кислорода, водорода и азота. Образуются следующие важнейшие группы сложных органических соединений:

1) углеводы (моно-, ди- и полисахариды). В растительных остатках в основном содержатся полисахариды, из которых наиболее распространена клетчатка, или целлюлоза ($C_6H_{10}O_5$). В травянистых растениях ее до 40 %, в древесных — до 60 %. Клетчатка не растворяется в водных растворах, гидролизуется при нагревании в присутствии крепких кислот. Она может разрушаться микроорганизмами. К полисахаридам относится хитин, который входит в состав клеточных оболочек грибов, панцирей ракообразных и насекомых;

2) лигнин — группа высокомолекулярных соединений, пропитывающих клеточные стенки. Содержание его в растительных остатках может доходить до 30—40 %;

3) азотистые вещества — белки или протеины, являющиеся главной частью протоплазмы и ядер растительных клеток. В тра-

вянистых растениях содержание белков доходит до 10—14 %. Белки нерастворимы в воде, могут образовывать коллоидные растворы в щелочах. Под воздействием сильных кислот белки гидролизуются и распадаются на аминокислоты. К числу азотистых веществ относятся хлорофилл и алкалоиды;

4) жиры, содержание которых в растительных остатках невелико, входят в состав ядер клеток и семян. В меньших количествах в растительных остатках имеются смолистые вещества (в древесной растительности) и дубильные вещества. В растительных остатках содержится небольшое (до 5 %) количество зольных элементов: Ca, Mg, K, P, S, Fe, Al и др., а также микроэлементов.

Органическое вещество почвы проходит длительный путь биологических и биохимических превращений, приобретая на отдельных стадиях специфические свойства. Эти превращения идут по пути разложения сложных соединений в более простые, вплоть до полной минерализации с образованием CO_2, H_2O, NH_3 и др. В процессе разложения около $^1/_{10}$—$^1/_3$ органических остатков образуют новые устойчивые соединения — гумус.

Скорость разложения органических остатков в почве зависит от степени ее увлажнения и температуры. Воздушно-сухие растительные остатки почти не минерализуются в почве. При недостаточной влажности преобладают физико-химические явления. Это наблюдается в черноземах, где органическое вещество разлагается только весной и осенью, когда почва увлажнена. Летом она пересыхает, разложение замедляется. При увеличении влажности почвы распад органических веществ ускоряется, но до известного предела вследствие затруднения доступа кислорода и перехода аэробных процессов в анаэробные.

При аэробном разложении образуются конечные продукты минерализации CO_2 и H_2O. В продуктах анаэробного разложения преобладают неокисленные и недоокисленные вещества (CH_4, H_2S и ряд органических кислот), которые угнетают жизнедеятельность микроорганизмов и приостанавливают разложение. Разложение органики подавляется, происходит лишь битумизация жиров, восковых веществ и смол. В анаэробных условиях накапливается полуразложившаяся полуторфянистая и торфянистая масса.

Разложение безазотистых веществ (целлюлоза и др.) начинается бактериями по типу маслянокислого, метанового, водородного брожения. Составные части древесины, например лигнин, разлагаются грибами. Превращение лигнина в перегнойные вещества далее продолжается химически при участии окислительных энзимов. Сахара разрушаются бактериями с образованием органических кислот и выделением CH_4 и H, затем CO_2 и H_2O.

Азотистые соединения и жиры разлагаются бактериями, плесневыми грибами и актиномицетами с образованием глицерина и жирных кислот. Смолы, восковые и дубильные вещества разлагаются медленно, так как они трудно поддаются воздействию микробов. Белок распадается на более простые соединения с образованием аминокислот и NH_3; протекает частичное дезаминирование.

В результате синтеза возможно некоторое обогащение почвы азотом (микробный белок) и накопление фосфора, серы, калия и др.

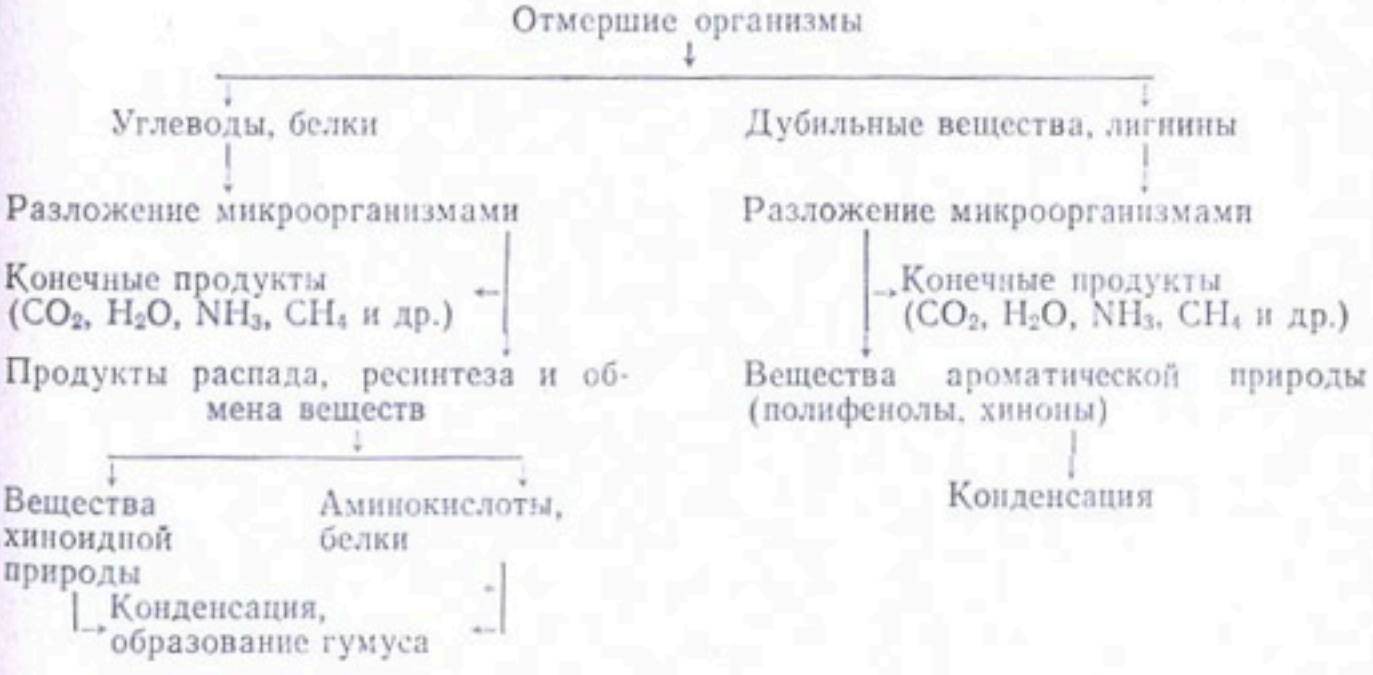
После отмирания микробов масса их разлагается наряду с другим органическим веществом, разложение которого в почве при непрерывном поступлении органических остатков и благоприятных условиях не прекращается.

Разложение обычно идет при смешанных аэробных и анаэробных условиях, попеременно протекающих по сезонам года. Оно ускоряется с повышением температуры до оптимума (30—40 °С). При дальнейшем увеличении температуры интенсивность разложения уменьшается и затем прекращается. Чем почвы легче и более структурны, тем больше скорость разложения. В легких почвах, более аэрированных и водопроницаемых, продукты разложения быстрее теряются.

Наряду с микробными процессами разложения и синтеза в почве идут другие процессы преобразования органического вещества, способного к реакциям окисления и полимеризации, — возникают более устойчивые высокомолекулярные соединения, образующие гумус — важнейшую составляющую почвы, определяющую ее плодородие.

Гумус — это новообразование биохимической природы, состоящее из специфических высокомолекулярных азотсодержащих органических соединений, за исключением живых организмов и их остатков, не утративших тканевое строение. Эти соединения образуют гумусовое вещество, находящееся в тесном взаимодействии с минеральной частью почвы.

Гумусовые вещества образуются по следующей схеме взаимных превращений органических веществ в процессе гумификации (по Кононовой и др., 1960):



Из схемы видно, что часть продуктов распада и микробного синтеза взаимодействует между собой и превращается в сложные высокомолекулярные специфические гумусовые кислоты. Этот про-

цесс называется гумификацией. Он включает в себя процессы конденсации — образования высокомолекулярных веществ из многих молекул органических соединений, сопровождающихся отщеплением низкомолекулярных продуктов (вода, аммиак, спирт) и полимеризации — соединения большого числа молекул, однородных или различных по составу соединений.

Почвенный гумус состоит из 85—90 % специфических гумусовых веществ и 10—15 % неспецифических соединений типа азотистых (белки, ферменты, аминокислоты), углеводов, дубильных веществ, смол, органических кислот.

Гумусовые вещества представлены гуминовыми кислотами, фульвокислотами и гуминами.

Гуминовые кислоты — это высокомолекулярные азотсодержащие кислоты, имеющие циклическое строение. Они нерастворимы в воде и в минеральных кислотах, но растворяются в щелочах. Раствор кислот темной окраски — от вишнево-коричневой до черной.

В гуминовых кислотах содержится 50—60 % углерода, 30—40 % кислорода, 2—6 % водорода и 2—6 % азота. Состав почв неодинаков. В гуминовых кислотах подзолистых почв меньше углерода, но больше водорода, чем в гуминовых кислотах черноземов.

Гуминовые кислоты находятся в почве преимущественно в виде гелей. Взаимодействуя с минеральной частью почвы, гуминовые кислоты образуют гуматы — сложные органо-минеральные комплексы, которые адсорбируются на поверхности глинистых минералов. Гуматы кальция и магния нерастворимы в воде и закрепляются в почве в виде гелей. Последние склеивают минеральные частицы почвы в агрегаты и способствуют образованию водопрочной структуры. Эти процессы ярко выражены в черноземах, в дерново-карбонатных почвах. В осолоделых солонцах и в солонцеватых почвах образуются гуматы щелочей (натрия, калия, аммония), которые хорошо растворимы в воде и могут вымываться из верхних горизонтов почвы. Гуминово-железистые и гуминово-алюминиевые комплексы прочно закрепляются в почве.

Фульвокислоты также представляют собой высокомолекулярные азотсодержащие органические кислоты. По элементарному составу они отличаются от гуминовых меньшим содержанием углерода и большим кислорода. Фульвокислоты хорошо растворяются в воде, кислотах и в щелочах. Растворы в зависимости от концентрации имеют окраску от соломенно-желтой до оранжевой. Водные растворы их обладают сильнокислой реакцией. Фульвокислоты сильно активизируют процесс химического выветривания почвенных минералов. Они активнее, чем гуминовые, образуют комплексы с минеральной частью почвы — фульваты. Фульваты щелочных и щелочноземельных металлов хорошо растворимы и подвижны. Менее растворимы соединения фульвокислот с железом и алюминием. Растворимость и подвижность фульватов приводят к обеднению почв органическими и минеральными соединениями, что проявляется при формировании подзолистых почв.

Гумины — наиболее инертная часть гумуса, нерастворимая в щелочах. В основном это группы гуминовых и фульвокислот, прочно связанных между собой и с минеральной частью почвы. В состав гуминов входят также инертные илистые частицы и не полностью гуминизированные органические остатки.

Количество и качество гумуса, накапливающегося в почве, зависят от поступающего в почву органического вещества, а также от химических свойств почвы, ее водного, воздушного и теплового режимов. Так, остатки древесной растительности образуют мало гумуса низкого качества, а травянистые дают большее количество гумуса, хорошо закрепляемого в почве.

При достаточном увлажнении, хорошей аэрации и благоприятной температуре разложение органических остатков идет интенсивно, вплоть до полной минерализации; гумуса в почве накапливается мало. При переувлажнении и низкой температуре растительные остатки разлагаются медленно, происходит накопление торфа. Наибольшее количество гумуса образуется при оптимальном сочетании влажности почвы и ее температуры. Эти условия наблюдаются в степной зоне с обильной травянистой растительностью (в естественном состоянии, до распашки земель). В этих условиях формируются наиболее богатые гумусом черноземные почвы. К северу и к югу от этой зоны содержание гумуса в почвах уменьшается (табл. 4).

4. Содержание гумуса в разных почвах (по данным И. В. Тюрина)

Почва	Запасы гумуса (в т/га)		Почва	Запасы гумуса (в т/га)	
	в слое 0—20 см	в слое 0—100 см		в слое 0—20 см	в слое 0—100 см
Подзолистая	53	99	Чернозем обыкновенный	137	426
Лесостепная оподзоленная	109	215	Темно-каштановая	99	229
Чернозем выщелоченный	192	549	Серозем	37	82
Чернозем типичный	224	709	Краснозем	140	282

Гумус разлагается медленнее, чем исходные органические остатки, из которых он образуется. Разложение происходит тем интенсивнее, чем больше в органических остатках азота. При недостатке азота оно идет медленнее, но потери его больше, так как микробный синтез в этом случае ослаблен. Скорость разложения определяется условиями и степенью аэрации и увлажнения, т. е. зависит от соотношения аэробных и анаэробных процессов. Аэробное разложение может вызвать почти полную минерализацию гумуса.

Гумус улучшает усвоение растениями минеральных веществ, увеличивает рыхлость почвы, уменьшая ее плотность, повышает влагоемкость, лучепоглощение и т. д. Гумус повышает связность

легких почв и уменьшает — тяжелых. Он создает оптимальные условия увлажнения почвы. Часть гумусовых веществ вследствие полимеризации уплотняется и аккумулируется в почве, закрепляясь в ней на более или менее длительное время, создает запасы элементов питания растений.

Количество гумуса в почве зависит от системы обработки почвы, от растений и микроорганизмов. Накопление гумуса возможно при управлении аэробными и анаэробными процессами разложения как исходного органического вещества, так и самого гумуса.

Накопление гумуса в почвах является одной из основных задач коренного улучшения почв. Зная закономерности гумусообразования, его можно направленно регулировать в соответствии с решением задач культурного земледелия и мелиоративного почвоведения. Однако создание только благоприятных условий разложения органического вещества и интенсивной гумификации еще недостаточно. Дело в том, что гумус может минерализоваться и выноситься за пределы почвы с растворами. Отсюда вытекает потребность закрепления гумуса в почве в комплексе с минеральной глинисто-илистой коллоидной частью почвы.

Содержание органического вещества в почве можно увеличить внесением торфа, компостов, навоза. С торфом низинных болот вносится природный гумус, благодаря чему повышается биогенность почвы, усиливающая жизнедеятельность микроорганизмов. Гумификация улучшается и при внесении минеральных удобрений.

Почвенные коллоиды играют исключительно важную роль в жизни почвы и ее направленном изменении. По размерам частиц коллоиды занимают промежуточное положение между взвесями и истинными растворами; диаметр частиц от 0,0001 до 0,000001 мм. Коллоиды фильтруются через обычные фильтры и не проходят через ультрафильтры, не диффундируют, видимы в ультрамикроскоп.

Коллоиды образуются в результате измельчения частиц. С уменьшением размеров частиц коллоидные свойства проявляются постепенно, проходя предколлоидную стадию. Второй способ образования коллоидов — соединение молекул и ионов молекулярных растворов с образованием труднорастворимых веществ. В почве имеются минеральные, органические и органо-минеральные коллоиды.

Коллоиды — это системы, состоящие из дисперсной среды и рассеянной в ней коллоидной дисперсной фазы. Среда и фаза могут быть твердыми (Т), жидкими (Ж) и газообразными (Г) в разном сочетании. Коллоиды как системы состоят или из частиц неодинаковых размеров (полидисперсные системы), или из частиц, относительно равных по величине (монодисперсные системы).

Коллоидные частицы, находящиеся в зоне раздела двух фаз (например, Ж и Г, Т и Ж), обладают некоторым запасом свободной поверхностной энергии. Это обусловливает энергию поглощения (адсорбцию), которая тем выше, чем больше общая суммарная удельная поверхность.

Общая поверхность почвенных частиц (удельная поверхность) прогрессивно растет по мере их измельчения (табл. 5).

5. **Увеличение поверхности тела при его дроблении**

Длина ребра куба (в см)	Число кубиков	Общая поверхность (в $см^2$)	Удельная поверхность (в $см^{-1}$)	Длина ребер (в см)	Число трехгранных углов
1	1	6	6	12	8
$1 \cdot 10^{-1}$	10^3	$6 \cdot 10$	$6 \cdot 10$	$12 \cdot 10^2$	$8 \cdot 10^3$
$1 \cdot 10^{-2}$	10^6	$6 \cdot 10^2$	$6 \cdot 10^2$	$12 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^6$
$1 \cdot 10^{-3}$	10^9	$6 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^3$	$12 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^9$
$1 \cdot 10^{-4}$	10^{12}	$6 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^4$	$12 \cdot 10^8$	$8 \cdot 10^{12}$
$1 \cdot 10^{-5}$	10^{15}	$6 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^5$	$12 \cdot 10^{10}$	$8 \cdot 10^{15}$
$1 \cdot 10^{-6}$	10^{18}	$6 \cdot 10^6$	$6 \cdot 10^6$	$12 \cdot 10^{12}$	$8 \cdot 10^{18}$
$1 \cdot 10^{-7}$	10^{21}	$6 \cdot 10^7$	$6 \cdot 10^7$	$12 \cdot 10^{14}$	$8 \cdot 10^{21}$
$1 \cdot 10^{-8}$	10^{24}	$6 \cdot 10^8$	$6 \cdot 10^8$	$12 \cdot 10^{16}$	$8 \cdot 10^{24}$

Удельная поверхность зависит от дисперсности вещества и увеличивается прямо пропорционально степени раздробленности. На огромной поверхности почвенных частиц (на углах, ребрах) идут сложные физические и физико-химические процессы.

Основная масса почвенных коллоидов состоит из гумусовых частиц и главным образом из глинистых частиц кристаллического строения в виде пластинок толщиной от 0,01 до 0,05 мкм. Суммарная поверхность этих частиц от 15 до 100 $м^2/г$.

Коллоидам свойственно броуновское движение — непрерывное самопроизвольное беспорядочное перемещение частиц в воде, которое возникает в результате суммирования ударов о коллоидные частицы движущихся молекул дисперсной среды. Мелкие частицы дисперсной фазы, испытывая бесчисленные удары разной силы, приходят в движение и тем интенсивнее, чем они мельче. Броуновское движение препятствует всплыванию или осаждению частиц дисперсной фазы.

Коллоиды, не растворяясь, могут вступить в химические реакции молекулами или ионами поверхностного слоя с соединениями соприкасающихся растворов.

При взаимодействии электрически нейтральных веществ и присоединении к ним заряженных ионов коллоиды приобретают соответствующий заряд. Но ионы одного знака заряда не могут существовать без эквивалентного количества ионов другого знака заряда. Так, вокруг ядра того или иного вещества создается два слоя ионов: внутренний (потенциалопределяющий) и наружный, в совокупности составляющие коллоидную мицеллу (рис. 6).

Ядро и внутренний слой ионов образуют гранулу, которая с наружным слоем ионов составляет коллоидную частицу. Внутренняя ионная сфера возникает в результате диссоциации наружного слоя молекул ядра.

По электрическому заряду частиц все коллоиды подразделяются на: а) ацидоиды — отрицательно заряженные коллоидные ча-

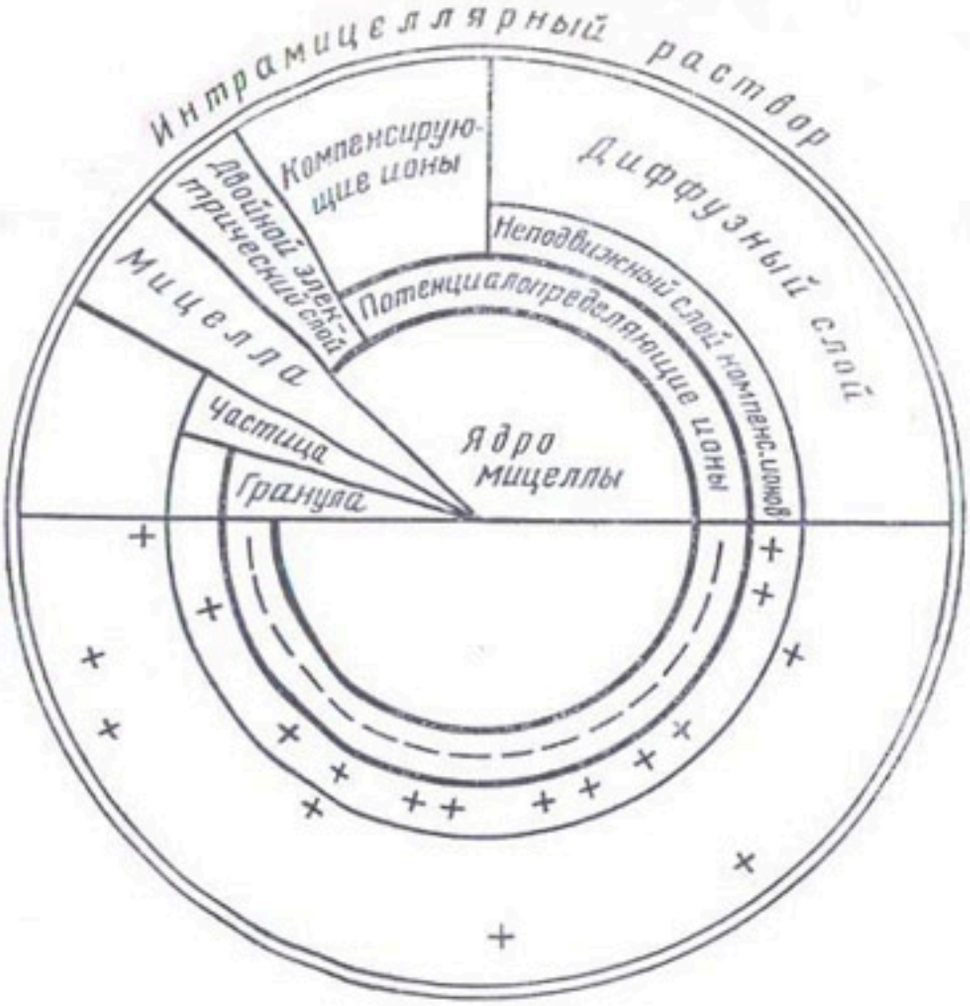


Рис. 6. Схема строения коллоидной мицеллы (по Н. И. Горбунову).

стицы, содержащие в диффузном слое катионы; б) базоиды — положительно заряженные коллоидные частицы, имеющие в диффузном слое анионы; в) амфолитоиды — коллоидные частицы, меняющие свой заряд в зависимости от реакции среды. Положительный заряд в кислой среде переходит в отрицательный заряд в щелочной среде, и наоборот.

Под влиянием нейтрализующей роли электролитов коллоидные частицы теряют заряд, слипаются и быстро укрупняются, свертываются, т. е. из состояния золей они переходят в гели. Это явление называется коагуляцией. При коагуляции образуются частицы первого, второго, третьего порядка и т. д. Они укрупняются в результате неупругих ударов или слипаются. Концентрация электролита, необходимая для коагуляции, называется порогом коагуляции.

При коагуляции коллоид захватывает некоторое количество ионов коагулятора. Они водой не отмываются, их можно выделить, промывая раствором другого электролита, замещая ионы в эквивалентном количестве. Коагуляция может быть обратимой и необратимой. Процесс необратимой коагуляции — мощный фактор цементации почвы. При обратимой коагуляции коллоиды образуют непрочные соединения с растворителем, захватывая его молекулы в состав геля. Скоагулированные частицы, восстанавливая свой

заряд, снова переходят в золь. Явление перехода геля в золь, обратное коагуляции, называется пептизацией. Она осуществляется тем легче, чем более обводнен и моложе гель. Первая ступень пептизации — набухание коллоидов.

Коллоиды могут быть гидрофобные, ядра мицелл которых не имеют сродства с молекулами воды, и гидрофильные, у которых устойчивость агрегатов зависит не только от ионогенной группы, но и от гидратной оболочки вокруг коллоидной частицы, малочувствительной к действию электролитов.

Порог коагуляции для гидрофильных коллоидов значительно выше, чем для гидрофобных. Смесь гидрофобного и гидрофильного коллоидов при избытке последнего малочувствительна к электролитам. Первый как бы защищается от действия электролитов вторым в результате возникновения комплексных золей. Так, при образовании подзолистых почв появляются комплексные органожелезистые и органо-глинистые золи, в которых защитным коллоидом служат фульвокислоты, а защищаемыми — гидроокиси железа и алюминия. При малых количествах электролита происходит медленное гелеобразование. В некоторых случаях даже встряхивание может многократно возвращать его в золь (явление тиксотропии).

Многообразные физико-химические явления в почве в основном связаны с проявлением свойств разнообразных почвенных коллоидов. В почве наиболее распространен коллоид SiO_2 минерального происхождения. Кремнекислота переходит в раствор при выветривании и почвообразовании, затем при полимеризации возникают мицеллы. Коллоид SiO_2 — типичный ацидоид. Взаимодействуя с белковыми веществами, он образует сложные белково-кремневые соединения. Сильно обводненный гидрофильный коллоид SiO_2 играет защитную роль для коллоидов полуторных окислов, но может изменять свой отрицательный заряд на положительный в присутствии избытка R_2O_3. Из отрицательно заряженных минеральных коллоидов известны соединения марганца, иногда в большом количестве встречающиеся в иллювиальных горизонтах почвы. Эти соединения, взаимоосаждаясь с коллоидами Fe_2O_3, дают железо-марганцевые конкреции.

Из положительно заряженных минеральных коллоидов надо назвать в первую очередь гидраты полуторных окисей. В кислой среде R_2O_3 коллоиды несут положительный заряд, в щелочной — отрицательный. Положительно заряженные коллоиды поглощают анионы, например P_2O_5. Гидраты R_2O_3, взаимодействуя с отрицательно заряженными минеральными и органическими коллоидами, образуют сложные комплексные соединения.

Наряду с минеральными в почве присутствуют органические и органо-минеральные коллоиды — перегнойные вещества с отрицательным зарядом. В ионогенном слое COOH гумусовых кислот распадается на COO^-, прикрепленную к ядру, и H^+ в диффузном слое, который замещается на катионы при взаимодействии с электролитами. Органические и органо-минеральные коллоиды обла-

дают гидрофильными свойствами, сообщая глинистым коллоидам большую устойчивость и обусловливая передвижение из верхних горизонтов в иллювиальные, где они, коагулируясь, закрепляются. Протеины — белковые вещества, поступающие с растительными остатками, представляют собой органические коллоиды амфолитоидного типа.

Из отрицательно заряженных органических коллоидов клетчатка является типичным гидрофильным коллоидом, а также лигнин, у которого COO^- обусловливает отрицательный заряд. Свойства почвенных коллоидов и заряд их определяются соотношением $SiO_2 : R_2O_3$.

Все коллоиды почвы, составляющие коллоидный комплекс, входят в состав почвенного поглощающего комплекса — высокодисперсной части почвы, обусловливающей явления поглощения. Коллоидный комплекс наиболее обилен у глинистых, перегнойных почв и у черноземов, наиболее беден у песчаных почв, где он может быть выражен лишь одевающими пленками, определяющими окраску песчаных частиц. Коллоидный комплекс — важнейшая часть почвы и поглощающего комплекса, в который частично входят и грубые дисперсии.

Почвенный поглощающий комплекс состоит из смеси соединений в коллоидном состоянии:

1) частиц мелкораздробленных минералов, продуктов распада их в виде SiO_2, $Al(OH)_3$, $Fe(OH)_3$, MnO_2, алюмокремневых, ферроалюмокремневых соединений и других минеральных коллоидов (цеолитная часть комплекса);

2) продуктов разложения и синтеза органических остатков — органических коллоидов (гуматная часть комплекса);

3) продуктов взаимодействия органических и минеральных коллоидов и комплексов, образующихся в результате взаимокоагуляции органо-минеральных коллоидов (цеолитно-гуматная часть комплекса).

Почвенный поглощающий коллоидный комплекс — неотделимая часть всякой почвы. По составу и количеству коллоидов он меняется по генетическим горизонтам почвы.

Глава III
СВОЙСТВА ПОЧВ

Рассмотренные в предыдущей главе строение и состав почвы определяют ее свойства. К ним относят прежде всего плодородие, т. е. способность почвы обеспечивать растения факторами и условиями жизни. Это обобщающее, синтезирующее свойство, зависящее от химических, физических, физико-механических свойств, поглотительной способности. Зависимость свойств почв от ее строения и состава дает возможность их улучшать. Например, внесением различных веществ — минеральных удобрений, химических реагентов (гипса, извести и др.), песка, глины, торфа, органических веществ (навоза) — можно изменять химические и физичес-

кие свойства почвы. Изменяя количество влаги в почве путем орошения или осушения, можно регулировать ее водные свойства и водный режим и т. д. Изменение состава почвы в процессе почвообразования приводит к изменению ее свойств. Эти изменения могут приводить в естественных условиях к улучшению или ухудшению ее свойств. В свою очередь, количественные изменения свойств почвы обусловливают ее качественные изменения. Например, почва из незаболоченной может стать заболоченной, из засоленной — незасоленной, т. е. может образовываться новая почва.

Таким образом, знание свойств почвы и их зависимости от ее состава дают возможность наметить приемы управления свойствами.

§ 10. Поглотительная способность почв

Поглотительной способностью почвы называется свойство задерживать или поглощать различные вещества, взаимодействующие и соприкасающиеся с ее твердой фазой. Оно заключается в поглощении и удержании веществ из молекулярных и коллоидных растворов, а также паров, газов и микроорганизмов. Учение о поглотительной способности почв, получившее всемирное признание, разработано выдающимся советским почвоведом К. К. Гедройцем.

Почва способна задерживать или поглощать газы, различные соединения из растворов, минеральные или органические частицы, микроорганизмы и суспензии. Почвой энергично поглощаются и сохраняются главные элементы питания растений — азот, фосфор, калий, кальций, магний.

Поглотительная способность почвы связана с высокодисперсной, главным образом коллоидной частью почвы, имеющей большую удельную поверхность. Различают механическую, физическую, физико-химическую, химическую и биологическую поглотительную способность почвы.

Механическая поглотительная способность — свойство почвы механически задерживать взвешенные в воде вещества, обусловлена механическим составом, структурой, сложением, пористостью и капиллярностью почвы. Почва, как фильтр, способна закреплять фильтрующиеся через нее частицы в зависимости от их размеров, диаметров капиллярных пор и расположения. Суспензии задерживаются главным образом в верхних горизонтах почвенного разреза на некоторой глубине от поверхности. Механическое поглощение в значительной мере содействует образованию иллювиального генетического горизонта почвы.

Механическая поглотительная способность используется при кольматировании (заилении) песчаных почв и очистке бытовых и технических сточных вод. Механическая поглотительная способность увеличивается по мере утяжеления механического состава, заиления, улучшения агрегатного состава и уплотнения. Этим свойством можно управлять в целях повышения плодородия почв и урожаев возделываемых культур.

Физическая поглотительная способность (аполярная адсорбция) — свойство почвы поглощать из раствора молекулы электролитов, продукты гидролитического расщепления солей слабых кислот и сильных оснований, а также коллоиды при их коагуляции. Она заключается в увеличении концентрации веществ, поступающих из почвенного раствора, на поверхности частиц почвы. При физическом поглощении происходит аполярная адсорбция (сгущение молекул на поверхности раздела двух фаз— твердой и жидкой, твердой и газообразной), определяемая наличием свободной энергии на поверхности почвенных частиц. Эта энергия тем больше, чем больше удельная поверхность, т. е. чем тоньше механический состав почвы. Физическая поглотительная способность поэтому выше у суглинистых почв и слабее у песчаных.

Физическое поглощение предохраняет водорастворимые вещества от вымывания. Такое поглощение нередко сопровождается коагуляцией коллоидных веществ под воздействием электролитов, что также предохраняет растворимые соединения от вымывания. Поэтому химическими мелиорациями можно способствовать коагуляции коллоидов и противодействовать пептизации их.

Химическая поглотительная способность—свойство почвы удерживать ионы в результате образования нерастворимых или труднорастворимых солей. Она заключается в выпадении из почвенных растворов осадков и закреплении их в почве. При взаимодействии растворимых и среднерастворимых солей возникают труднорастворимые соли, которые и присоединяются к твердой фазе почвы, например: $Na_2CO_3+CaSO_4= CaCO_3+ +Na_2SO_4$; $3CaSO_4+2Na_3PO_4=\downarrow Ca_3(PO_4)_2+3Na_2SO_4$. Легкорастворимые соли, например Na_2SO_4, уносятся из сферы взаимодействия. Химическое поглощение происходит и в том случае, если анион раствора дает нерастворимое соединение с ионами, находящимися на поверхности твердых частиц почвы.

Физико-химическая, или обменная поглотительная способность, — свойство почвы обменивать некоторую часть катионов и в меньшей степени анионов твердой фазы на эквивалентное количество катионов или анионов из соприкасающихся растворов. Наблюдается физическое и химическое поглощение, происходит эквивалентный обмен катионами. Катионы из раствора переходят в слой компенсирующих ионов мицелл почвенных коллоидов, а катионы из слоя компенсирующих ионов — в раствор. Физико-химическая поглотительная способность у отрицательно заряженных коллоидов проявляется по отношению к катионам. Анионы поглощаются положительно заряженными коллоидами.

В отличие от обменной поглотительной способности в почве наблюдается необменное поглощение или переход незначительной части обменных катионов в необменные — прочно закрепленные и трудно вытесняемые. Такое поглощение присуще в разной степени всем катионам. С увеличением кислотности почвы происходит частичный переход иона в необменное состояние в связи с общим уменьшением емкости поглощения. С повышением щелочности ем-

кость поглощения возрастает. Таким образом, изменяя искусственно реакцию почвенных растворов, можно направленно воздействовать на емкость поглощения, а из необменного состояния катионы перевести в обменные. Перевод в необменное состояние катионов совершается при периодическом высушивании и нагревании почв, что объясняется старением и частичной кристаллизацией гелей коллоидов.

Биологическая поглотительная способность связана с жизнедеятельностью организмов почвы (главным образом микрофлоры), которые усваивают и закрепляют в своем теле различные вещества, а при отмирании обогащают ими почву. Растворимые соединения, поступающие из раствора, а также вещества, ассимилируемые организмами из твердой и газообразной фазы почвы, переходят в нерастворимую форму в живом теле организмов. Благодаря такому поглощению в почве аккумулируются необходимые для растений элементы зольного и азотного питания. Это избирательная поглотительная способность по отношению к элементам питания растений. Особенно большое значение избирательная поглотительная способность имеет для улучшения бедных питательными веществами легкопромываемых почв.

Почва задерживает бактерии и адсорбирует их как физическая среда. Это свойство сильнее выражено у суглинистых почв и слабее у песчаных. Адсорбирующая способность почв различна по отношению к разным видам бактерий.

Поглотительная способность почв сильнее проявляется в условиях оптимальной влажности почв, когда накапливаются гумус и элементы питания растений, повышается плодородие почв. Обусловливается эта способность почвенным поглощающим комплексом (ППК), главным образом высокодисперсной частью ее, состоящей из минеральных, органических и органо-минеральных коллоидов.

Почвенный поглощающий комплекс удерживает питательные вещества и пополняет их запас. С ним связаны структурообразование и характер структуры. Он способен разрушаться в результате физико-химических и биологических процессов, а также водой. Поглотительная способность почвы уменьшается при понижении pH и увеличивается при механическом раздроблении микроагрегатов.

Почвенный поглощающий комплекс размещен в почвах неравномерно, большая часть его находится в верхних горизонтах. В связи с процессом почвообразования и проявлением экзогенных факторов с течением времени ППК изменяется. Содержание его может увеличиваться, благодаря чему повышается плодородие почвы. Влияя на ППК, можно воздействовать на плодородие почвы.

На поверхности тонкодисперсных частиц почвы происходит энергичная адсорбция химически активных газов. Энергичнее поглощается аммиак, слабее кислород и азот. Метан, озон, водород, хлорпикрин адсорбируются только сухой почвой. Капельно-жидкая водная оболочка на поверхности почвенных частиц мешает поглощению газов воздуха.

Особенно большое значение для плодородия имеет поглощение почвой различных веществ из растворов. Такая поглотительная способность противодействует вымыванию из почвы необходимых для питания растений водорастворимых веществ. В частности, это увеличивает эффективность водорастворимых удобрений, предохраняя их от выщелачивания из почвы, в том числе и при поливах.

Обменная поглотительная способность почв состоит в поглощении из почвенного раствора отдельных ионов (катионов или анионов) в зависимости от заряда коллоидов. В большинстве случаев коллоидами почвы адсорбирован не один, а несколько катионов. Суммой поглощенных оснований (выраженной в миллиэквивалентах на 100 г почвы) называют общее количество поглощенных оснований (Ca, Mg, Na, K, NH_4). Суммарное количество способных к обмену поглощенных анионов называется емкостью поглощения анионов. Сумма всех катионов, которые могут быть поглощены и обменены, называются емкостью поглощения катионов.

Разным типам почв соответствует определенное заполнение емкости катионами. Степень поглощения их зависит от концентрации раствора, а также от энергии связи катиона с коллоидными частицами. Она пропорциональна валентности катионов. В пределах элементов одной валентности энергия поглощения обусловлена величиной атомного веса. Чем он больше, тем интенсивнее поглощение (Fe>Ca>Mg>K>Na). Исключение составляет водород (H), который поглощается наиболее энергично. Ион водорода обладает также большей коагулирующей способностью, чем одновалентные катионы.

Емкость поглощения больше в щелочной среде и меньше в кислой. Она также связана с химическим составом поглощающего коллоидного комплекса почвы. Чем больше в почве отрицательно заряженных коллоидов (SiO_2, MnO_2, гумус), тем больше адсорбируется катионов. Емкость поглощения выражается или в весовых процентах суммы всех катионов, приведенных к Ca, или в миллиэквивалентах. Емкость в процентах, приведенных к кальцию, выражают по соотношениям: для Mg по Ca $^{40}/_{24}$, для Na по Ca $^{40}/_{23}$.

Почва может быть насыщенной основаниями (Ca, Mg, K, Na) и ненасыщенной, когда в поглощенном состоянии присутствуют катионы H и Al. В почвах степного типа почвообразования поглощенные основания представлены главным образом Ca и Mg, в почвах подзолистого, болотного и латеритного типов почвообразования — Ca, Mg и H, солонцового типа почвообразования — Ca, Mg и Na.

Степень насыщенности почвы основаниями выражается отношением суммы поглощенных оснований к емкости поглощения оснований (в процентах). Степень насыщенности почв анионами выражается отношением количества обменных анионов в почве к емкости поглощения анионов (в процентах).

Поглощенные катионы определяют свойство почвы. Почва, насыщенная Na, легче диспергируется, распадаясь на составные

коллоидные частицы, набухает, увеличивает клейкость и липкость. В такой почве ухудшаются физические свойства. Она становится водонепроницаемой. В ней протекают анаэробно-восстановительные процессы. В почве, содержащей поглощенный натрий, возникает щелочная реакция и нередко образуется очень вредная для растений сода. Под действием воды происходит гидролиз солей натрия. Сода образуется в присутствии CO_2 сначала в виде гидрокарбоната, а затем карбоната. Эта соль может также возникать в почве в результате биохимического процесса.

Почва будет обладать иными свойствами, если поглощающий комплекс ее насыщен кальцием. В этом случае коллоиды коагулируются, почва при наличии гумуса становится структурной. В ней создаются благоприятные физические свойства. Важное значение имеет степень насыщенности почвы кальцием. Относительная насыщенность почв этим элементом понижается в направлении к северу и югу от черноземной зоны.

При наличии поглощенного водорода в оподзоленной почве или натрия в солонцовых почвах происходит вымывание гумуса, который переходит в растворимое состояние. Весной в дерново-подзолистой зоне вода в реках и колодцах приобретает темную окраску, свидетельствуя о вымывании растворимых органических веществ из почвы.

Большую роль в поглощении катионов играет гумус. Емкость поглощения гумуса в 8 раз превосходит таковую минеральных коллоидов почвы (А. Н. Соколовский, К. К. Гедройц). Большой емкостью поглощения обладает торф (>200 мэкв на 100 г почвы). Емкость поглощения в любой почве увеличивается с накоплением разложившихся органических остатков. Практика показала, что в почве необходимо иметь поглощенного Са до 80—90 % емкости поглощения, а для разных культур требуется также известное количество других катионов.

Поглощенные основания в почве поддаются регулированию. Одни катионы можно заменять другими или изменить количественное соотношение их внесением в почву удобрений. Ненасыщенность почвы основаниями устраняется известкованием, а солонцеватость — гипсованием. В этом заключается сущность химических мелиораций почв.

§ 11. Химические свойства почв

Химические свойства почвы определяются процессами, происходящими в основном между ее твердой и жидкой фазами. По закону действующих масс в почве образуются и поступают в раствор различные вещества, устанавливается подвижное равновесие между твердой частью и почвенным раствором. При уменьшении концентрации раствора часть веществ поступает в него из твердой фазы почвы, и, наоборот, при увеличении часть веществ выпадает из раствора, присоединяясь к твердой фазе почвы.

В почвенной воде растворимы различные соли и кислоты. Почвенный раствор образуется в процессе почвообразования в течение

длительного времени. Соли растворяются под действием кислот, каолинизации, окислительно-восстановительных процессов, гидролиза веществ и т. д. Состав и концентрация почвенного раствора определяется взаимодействием твердой фазы почвы, воды и организмов.

В почвенный раствор входят в разных количествах почти все легкорастворимые простые соли, средне- и труднорастворимые соли многих элементов, а также растворенные коллоидные минеральные, органические и органо-минеральные вещества. Почвенный раствор является очень активной и изменяющейся частью почвы. С динамикой его связан питательный режим почвы. Растения и микроорганизмы изменяют состав почвенного раствора, извлекая из него элементы зольной пищи. Взамен потребленных растениями и микроорганизмами веществ в почвенный раствор поступают из почвы все новые и новые вещества. Растения из физиологически кислых солей, например $(NH_4)_2SO_4$, K_2SO_4, KCl, берут основания, освобождая связанную кислоту, и тем усиливают растворяющее действие почвенного раствора. Извлекая анионы из физиологически щелочных солей ($NaNO_3$ и др.), они подщелачивают почвенный раствор.

Состав и концентрация почвенных растворов меняются по сезонам года. В сухие сезоны концентрация раствора увеличивается, во влажные — уменьшается. Она, как правило, возрастает с севера на юг.

Состав и концентрация почвенного раствора во многом зависит от минерализации грунтовых вод, особенно при неглубоком их залегании. На него оказывают сильное влияние водные мелиорации — орошение и осушение. Большое количество вредных для растений солей (Cl, Na, S и др.) делает почву засоленной. Почвенный раствор по профилю почвы неоднороден вследствие разнородности ее состава, разного физического состояния воды и степени окультуренности почвы.

Почвенный раствор можно извлечь отжиманием влажной почвы при большом давлении или прессованием, центрифугированием, вытеснением индифферентными жидкостями (бензин, керосин) и т. д. Природный почвенный раствор можно получить с помощью лизиметров — изолированных почвенных масс типа больших монолитов, из которых собирают стекающие растворы. Почвенный раствор, извлекаемый из почвы, имеет характерную окраску, реакцию и концентрацию.

Реакция почвенного раствора характеризуется концентрацией водородных и гидроксильных ионов. Она может быть кислой, щелочной или нейтральной. В последнем случае концентрация ионов H^- и OH^- одинакова. Реакция почвенного раствора выражается символом pH — отрицательным десятичным логарифмом концентрации водородного иона в почвенном растворе.

Различают активную и потенциальную кислотность. Активная кислотность возникает при наличии слабых кислот (главным образом углекислоты, органических кислот), а также кислых солей и

минеральных кислот, особенно H_2SO_4. Эта кислотность обнаруживается действием воды на почву, поглощающий коллоидный комплекс которой не насыщен основаниями. Активная кислотность обусловливается ионами водорода.

Потенциальная кислотность связана с наличием в поглощающем комплексе почв и в растворе ионов водорода и алюминия, способных замещаться металлами. Источником ионов водорода служат кислоты и $Al(OH)_3$. Потенциальная кислотность может быть обменной и гидролитической.

Обменной кислотностью называется способность почвы при взаимодействии с растворами нейтральных солей ($BaCl_2$, KCl и др.) подкислять этот раствор. Часть катионов нейтральных солей поглощается твердой фазой почвы, а взамен их в раствор поступает эквивалентное количество ионов водорода и алюминия. Реакция обмена идет по схеме:

$$\begin{matrix} Ca & H \\ \boxed{ППК} \\ Mg & Al \end{matrix} + 4KCl \rightleftarrows \begin{matrix} & Ca \\ \boxed{ППК}4K \\ & Mg \end{matrix} + HCl + AlCl_3.$$

При взаимодействии почвы с растворами нейтральных солей возникает кислая реакция, которая создается свободной кислотой и $AlCl_3$. Последний, будучи гидролитически кислой солью, в водном растворе распадается, образуя свободную кислоту: $AlCl_3 + 3H_2O = Al(OH)_3 + 3HCl$. По количеству образующейся HCl судят о величине обменной кислотности.

Обменные реакции идут в растворе при поступлении в него катионов твердой фазы почвы в результате растворения и гидролиза и при внесении удобрений. Обменная кислотность обусловливается также гидролизом солей органических кислот с сильными основаниями и ионами водорода.

Способность солей к гидролитическому расщеплению называют гидролитической кислотностью почв. Она проявляется при взаимодействии твердой фазы почвы с растворами гидролитически щелочных солей, например уксуснокислого натрия, который в водном растворе распадается по схеме: $CH_3COONa + H_2O = CH_3COOH + Na^+ + OH^-$.

При взаимодействии твердой фазы с раствором гидролитически щелочной соли происходит наибольшая диссоциация ионогенных групп. В диффузном слое мицелл появляются ионы водорода, способные к обмену. Катион гидролитически щелочной соли вытесняет обменные ионы водорода почвы и те его ионы, которые дополнительно диссоциируют при щелочной реакции. Схема реакции:

$$\begin{matrix} & H \\ \boxed{ППК} \\ & H' \end{matrix} + 2CH_3COONa \rightleftarrows \begin{matrix} & Na \\ \boxed{ППК} \\ & Na \end{matrix} + 2CH_3COOH,$$

где H′ — ионы водорода, вытесняемые при щелочной реакции; H — то же, при нейтральной реакции.

Активная кислотность определяется в водных вытяжках из почвы, потенциальная — в солевых. Величина pH водной вытяжки больше, чем солевой. Различают сильнокислые (pH 3—4,5), среднекислые (pH 4,5—5,5) и слабокислые почвы (pH 5,5—6,5).

Щелочи, создавая в водном растворе высокую концентрацию гидроксильных ионов, обусловливают щелочную реакцию. Щелочность различают актуальную и потенциальную. Актуальная щелочность обусловливается присутствием в почвенном растворе гидролитически щелочных солей: Na_2CO_3, $NaHCO_3$, $Ca(HCO_3)_2$ и др., которые при диссоциации определяют преобладающую концентрацию гидроксильных ионов. Потенциальная щелочность обнаруживается у почв, содержащих поглощенный натрий.

Степень щелочности зависит от количества щелочей и щелочных солей в почве. При взаимодействии щелочной почвы с поливной водой или с водой выпадающих осадков, содержащей, как правило, некоторое количество углекислоты, образуется сода:

$$\overline{|\text{ППК}|}^{\text{Na}}_{\text{Na}} + H_2O + CO_2 = \overline{|\text{ППК}|}^{\text{H}}_{\text{H}} + Na_2CO_3.$$

Сода, являясь гидролитически щелочной солью, в растворе распадается: $Na_2CO_3 + 2H_2O \rightleftarrows 2NaOH + H_2CO_3$.

Некоторую щелочность почве придает известь, которая при взаимодействии с водой, содержащей углекислоту, частично переходит в гидрокарбонат: $CaCO_3 + 2H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2$.

Различают слабощелочные (pH 7—7,5), среднещелочные (pH 7,5—8,5) и сильнощелочные (pH 8,5 и выше).

Реакция почвенного раствора влияет на биохимические процессы и на развитие организмов, но в то же время она в известной мере может быть изменена микроорганизмами, удобрениями, обработкой почвы и сельскохозяйственными культурами. Большинство растений не развивается при pH меньше 3,5 и больше 9. Нормальные условия для развития растений находятся в более узких пределах — от слабокислой до слабощелочной реакции.

Реакцию почвенного раствора можно изменять, меняя химический состав почвы внесением в нее различных веществ.

Буферность — способность жидкой и твердой фаз почвы противостоять изменению ее активной реакции (pH) при внесении в почву кислот или щелочей. Она обусловливает относительно устойчивую реакцию почвенного раствора и зависит от химического, коллоидного и механического состава почвы.

Глинистые и богатые гумусом почвы (черноземы) характеризуются большей буферностью, чем песчаные и промытые малогумусовые (подзолистые) почвы. Буферность почвы тем выше, чем больше в ней содержится гумуса и коллоидов.

Реакция раствора глееподзолистых, кислых гумусовых и полуторфянистых почв долго сохраняется при внесении щелочных удобрений. Ее удается изменить внесением большого их количества. Карбонатные почвы некоторое время сохраняют щелочную реак-

цию при внесении физиологически кислых удобрений. Кислота, внесенная в карбонатную почву, нейтрализуется вплоть до исчерпания карбонатов. Затем нейтрализация продолжается за счет поглощенных оснований и более прочно связанных катионов. Образующийся водородный ион связывается с группой ОН. Внесение щелочных веществ в кислую почву сопровождается нейтрализацией кислот с обменом водородного иона на катион щелочи.

Буферность выражена тем резче, чем сильнее насыщен поглощающий комплекс и выше емкость поглощения. В таких условиях растения меньше страдают при внесении избытка физиологически кислых или физиологически щелочных удобрений. Поэтому песчаные почвы, обладающие слабым коллоидным комплексом, весьма чувствительны к избытку вносимых удобрений. Буферность необходимо учитывать при химической мелиорации почв.

§ 12. Физические и физико-механические свойства почв

Физические свойства почвы характеризуют ее физическое состояние. К ним относятся плотность почвы в естественном сложении и плотность твердой фазы, пористость, водные, воздушные, тепловые, электрические, радиоактивные свойства. Физико-механические свойства почвы определяют ее реакцию на внешние и внутренние механические воздействия: твердость, пластичность, связность, липкость, усадка, сопротивление, оказываемое почвой при ее обработке, при движении машин и орудий.

Физические свойства почвы тесно связаны с другими свойствами, зависят от состава почвы. Следовательно, они подвержены изменению во времени. От физических свойств во многом зависят водный, воздушный и тепловой режимы почвы, т. е. совокупность процессов массо- и теплопереноса в почве. Эти процессы предопределяют условия жизни и развития растений, т. е. участвуют в формировании плодородия почв. Физические свойства почвы можно улучшать, изменяя состав и строение почвы соответствующими приемами мелиорации.

Плотность почвы и ее твердой фазы. Плотность почвы — масса единицы объема сухой почвы при естественном сложении. Учитывается также наличие всех пор и пустот, имеющихся в почве. Определяют ее путем высушивания и взвешивания образцов с ненарушенным сложением строго определенного объема, отобранных в поле в металлические цилиндры. Плотность почвы характеризует взаимное расположение почвенных частиц и агрегатов, их размеры и плотность укладки. Она зависит от механического состава, степени агрегатированности, структуры, минералогического состава и содержания органического вещества.

Плотность минеральных почв от 1 до 1,8 г/см^3. В верхних разрыхленных слоях, богатых гумусом, она равна 1—1,2 г/см^3, при небольшом содержании гумуса увеличивается до 1,3—1,5 г/см^3. Более плотный горизонт *B*, где плотность почвы достигает 1,6—

1,8 г/см³. Плотность неосушенных верховых болотных почв, состоящих почти целиком из органического вещества, составляет 0,04—0,08 г/см³, а после осушения и освоения увеличивается — до 0,2—0,3 г/см³.

Плотность почвы дает представление об общем объеме пор и позволяет судить об объеме воды и воздуха в почве. Этот показатель всегда определяется при почвенно-мелиоративных изысканиях.

Плотность верхних слоев почвы сильно изменяется при обработке. Установлено также наличие сезонных цикличных изменений плотности из-за замерзания и оттаивания почвы. Обычно весной после оттаивания плотность наименьшая, к концу вегетации она увеличивается. Это обстоятельство необходимо учитывать при определении количества воды, которое нужно удалить из почвы при ее осушении или подать в почву при орошении.

Плотность твердой фазы почвы (масса единицы объема твердой фазы почвы) зависит от минералогического состава и от количества органического вещества, но не зависит от сложения почвы. Так, плотность наиболее часто встречающихся в почве минералов равна: гипса 2,3, каолина 2,5, ортоклаза 2,55, каолинита 2,6, кварца 2,65, гранита 2,7, пирита 5 г/см³, гумуса 1,2—1,3 г/см³. Плотность твердой фазы песчаных почв обычно составляет 2,4—2,5, глинистых —2,6—2,7 г/см³. С увеличением количества гумуса плотность твердой фазы уменьшается. Плотность твердой фазы торфяных болотных почв колеблется в пределах 1,4—1,7 г/см³.

Плотность твердой фазы почвы — сравнительно стабильный показатель, характеризующий в некоторой степени состав почвы. Он может измениться при физических мелиорациях почв: пескование, глинование, торфование, механическом перемешивании слоев почвы при глубокой обработке.

Пористость почвы —отношение объема всех пор и пустот в почве к объему почвы при естественном сложении. Это — одно из важнейших физических свойств почвы, так как наличие пор позволяет находиться в почве воде и воздуху — главнейшим факторам жизни растений и микроорганизмов.

Общее количество и размеры пор зависят от размера и формы почвенных частиц, их упаковки, наличия микро- и макроагрегатов. Общая пористость сравнительно легко определяется, если известна плотность почвы d_V и плотность ее твердой фазы d:

$$P_0 = 1 - \frac{d_V}{d},$$

где P_0 — общая пористость (в долях объема почвы).

Обычно, чем крупнее и однороднее почвенные частицы, тем меньше общая пористость. Так, пористость песчаных почв равна 0,3—0,4, супесчаных —0,40—0,45, суглинистых —0,45—0,50, глинистых —0,50—0,60. Гораздо большая пористость у торфяных болотных почв: от 0,92—0,96 для верховых неосушенных до 0,75—0,80 для низинных старопахотных.

Из-за разных размеров пор пористость разделяют на капилляр-

ную и некапиллярную. В некапиллярных порах влага практически не удерживается капиллярными силами, и после обильного увлажнения они быстро освобождаются от воды, которая под действием силы тяжести стекает вниз, и заполняются воздухом. Различают межагрегатную и внутриагрегатную пористость. Последняя образуется внутри структурных отдельностей — микро- и макроагрегатов. Эти поры обычно меньшего размера, чем межагрегатные; они создают так называемую водоудерживающую способность почвы. Соотношение межагрегатной и внутриагрегатной пористостей для некоторых почв приведено в таблице 6.

6. **Пористость некоторых почв** (по Н. А. Качинскому)

Почва	Горизонт	Глубина (в см)	Плотность почвы (в г/см³)	Плотность твердой фазы (в г/см³)	Пористость (в долях объема)		
					общая	внутриагрегатная	межагрегатная
Среднеподзолистая суглинистая Московской области	A_0	0—12	1,33	2,61	0,49	0,39	0,10
	A_1	12—20	1,35	2,60	0,48	—	—
	A_2	20—32	1,39	2,65	0,48	0,38	0,09
	B_1	32—55	1,56	2,68	0,42	—	—
	B_3	85—110	1,78	2,70	0,34	0,26	0,08
Выщелоченный легкоглинистый чернозем Курской области	A_0	0—4	0,90	2,49	0,64	0,53	0,11
	A_1	10—14	0,99	2,55	0,61	0,50	0,10
	A_2	40—44	1,06	2,57	0,59	—	—
	B_1	55—59	1,08	2,63	0,59	0,47	0,12
	B_2	80—84	1,10	2,61	0,58	0,46	0,12
Ореховато-глыбистый легкосуглинистый солонец Свердловской области	A_0	0—4	1,07	2,46	0,56	0,38	0,18
	A_1	10—14	1,32	2,64	0,50	0,37	0,13
	B_1	15—19	1,36	2,73	0,50	0,29	0,21
	C	60—64	1,54	2,77	0,44	—	—

От формы и размера пор, их извилистости, наличия тупиковых пор зависят такие важные свойства почвы, как влагопроводность, воздухопроводность, интенсивность диффузии растворенных веществ. Последнее важно при химических мелиорациях почв, промывке засоленных почв.

Пористость почвы и ее характер, так же как и плотность, изменчивы во времени. На нее сильно влияет содержание гумуса, разрушение агрегатов при обработке, уплотнение почвы. Пористость почвы может изменяться при ее увлажнении и осушении. Эти процессы называются набуханием и усадкой почвы.

Набухание — увеличение объема почвы при увлажнении. Оно тем больше, чем больше содержится глинистых частиц и коллоидов в почве. Обусловливается набухание образованием тонких слоев воды (гидратных оболочек) вокруг твердых частиц почвы, зависит также от состава поглощенных оснований. При большом содержании натрия в почвенном поглощающем комплексе набухание доходит до 100 %. При большом набухании могут разрушаться почвенные агрегаты и ухудшаться физические свойства почвы.

Усадка — уменьшение объема почвы при высыхании, она пропорциональна набуханию. При усадке образуются трещины, усиливается иссушение почвы, возможен разрыв корней растений. Почва после усадки приобретает большую твердость, значительно увеличивается ее сопротивление при обработке, образуются крупные глыбы при вспашке, ухудшается впитывание влаги в почву, затрудняется проведение поливов.

Пластичность почвы — способность ее в определенном интервале влажности под воздействием внешних сил изменять свою форму с сохранением новой приданной формы. Это свойство обусловливается образованием плотных гидратированных оболочек вокруг мельчайших частичек почвы. Наибольшей пластичностью отличаются так называемые жирные, или тяжелые глины, состоящие из тонких чешуйчатых частичек.

Определяется пластичность по методу Аттерберга, основанному на измерении влажности почвы (в % сухой массы), соответствующей различным состояниям почвенной массы. Для этой цели устанавливают момент скатывания при наименьшем количестве воды и момент текучести при наибольшем количестве воды. Разность количества воды (в процентах) между нижним и верхним пределами называется *числом пластичности*. Чем оно больше, тем пластичнее почва, и наоборот. Число пластичности для глинистых почв 36, суглинистых — 12—36, супесчаных — 0—12, песчаных — 0.

Различают нижний и верхний предел текучести. Первый определяется по слипанию разрезанного образца — лепешки толщиной 1 см. Второй характеризуется состоянием почвы, когда бороздка, сделанная шпателем на поверхности увлажненной массы, быстро исчезает. При верхнем пределе текучести борозды вспаханного поля заплывают.

Пылеватый песок, супесь и легкий суглинок обнаруживают текучесть при отсутствии у них пластичности. Подобные почвы и грунты известны под названием «плывуны», способные под механическим воздействием расплываться и течь вместе с находящейся в них водой. Этим свойством обладают также относительно крупнозернистые пески, содержащие гидрофильные коллоиды и продукты жизнедеятельности микроорганизмов. Почвы со свойством плывунов образуют пучины, т. е. выпирания при замерзании почвы. Иногда таким образом создается особый микрорельеф.

Липкость— способность почвы во влажном состоянии прилипать к вводимым в нее предметам или соприкасающимся с нею. Она зависит от влажности, механического и химического состава

и других свойств почвы. В структурной почве проявляться начинает при 60—70 %, в бесструктурной — при 40—60 % полной влагоемкости. Липкость возрастает до степени влажности, соответствующей нижнему пределу текучести, а при дальнейшем повышении влажности липкость уменьшается и при переходе почвы в текучее состояние исчезает.

Прилипание вызывается так называемыми адгезионными силами взаимного притяжения молекул на соприкасающихся поверхностях (силы Вандер—Ваальса). Наибольшее взаимодействие этих сил происходит, когда вода вытесняет адсорбированный воздух с поверхности прилипающих частиц почвы. Липкость зависит от содержания в почве иловатой фракции, гумуса и поглощенных оснований. Она возрастает при насыщении почвы натрием. Ее можно выразить силой (массой в граммах), которая необходима, чтобы оторвать прилипшую к почве металлическую пластинку в 1 см². Прилипание больше у глин и значительно меньше у песков. По липкости различают: вязкие почвы — 2—15 г/см², слабовязкие — 0,5—2 и невязкие — меньше 0,5 г/см². У предельно вязких почв она может превышать 80 г/см².

Связность — свойство взаимного сцепления, или притягивающего действия между почвенными частицами. Оно обусловливается проявлением адсорбции, когезии, цементирующим действием различных веществ (глина, известь, гумус), степенью увлажнения почвы и другими факторами. Связность проявляется в способности почв сопротивляться воздействию, стремящемуся разъединить почвенные частицы. Она тем больше, чем почва тяжелее и выше ее липкость. Под влиянием сил поверхностного натяжения влаги связность достигает наибольшей величины при влажности, превышающей максимальную молекулярную влагоемкость. Связность зависит от формы почвенных частиц. Она больше при пластинчатой или чешуйчатой их форме.

На связности отражается изменение состава и количества коллоидов, гумуса, поглощенных оснований и влаги. У глинистых почв она больше в сухом состоянии, у песчаных — при среднем увлажнении. Больших величин связность достигает в иллювиальных горизонтах подзолистых и солонцеватых почв. Активный гумус увеличивает связность легких почв и уменьшает связность тяжелых глинистых почв. Это объясняется тем, что гумус обладает средней связностью по отношению к глине и песку.

Растворы солей (электролитов), способствующие коагуляции коллоидов, уменьшают связность, а вещества, пептизирующие коллоиды, увеличивают ее. Связность уменьшается от замораживания почвы и ряда других причин. Она тем больше, чем выше дисперсность и плотнее упаковка частиц. На связность влияют поглощенные основания. Замена кальция магнием увеличивает сопротивление почвы раздавливанию почти в 2 раза, аммонием — в 4,5 раза, натрием — больше чем в 10 раз. При замене кальция ионом железа связность резко понижается.

Твердость почвы — способность ее оказывать сопротивление

проникновению в нее твердых тел под давлением. Выражается она силой, затрачиваемой на 1 см^2 сечения вдавливаемого предмета. Определяют твердость почвы в лаборатории или в поле приборами, называемыми твердомерами (конструкции В. П. Горячкина, Н. А. Качинского и др.).

Твердость почвы может быть охарактеризована визуально при отрывке шурфа: а) рыхлая — осыпается со стенок разреза от прикосновения ножа, легко проникающего в почву; б) рыхловатая — осыпается меньше, почвенный разрез без затруднений копается лопатой, нож хорошо проникает в почву; в) уплотненная — удовлетворительно режется лопатой и ножом, стенки разреза устойчивы; г) твердая — с трудом режется лопатой, стенки разреза очень прочные, нож с трудом входит в почву; д) очень твердая — слабо поддается действию лопаты, нож лишь оставляет черту, не проникая в почву; эта степень твердости характерна для иллювиальных горизонтов сильносолонцеватых почв, солонцов и в ряде случаев подзолов (ортштейны, ортзанды) и пр.

Твердость почвы зависит не только от ее механического состава и структурности, но и от характера строения и степени увлажнения.

При одном и том же механическом составе одни горизонты почвы более твердые (B_1, B_2), другие менее твердые, что связано с процессами почвообразования. Увлажненные горизонты почвы характеризуются меньшей степенью твердости.

В зависимости от связности и твердости, а также культурного состояния и влажности почва оказывает различное **сопротивление** обрабатывающим орудиям и землеройным машинам. Определяется оно конструкцией и массой орудия (плуга), скоростью движения трактора при пахоте, глубиной и шириной борозды, коэффициентом трения почвы по рабочему органу машины или орудия.

При обработке целинных и старозалежных земель сопротивление возрастает на 40—50 % по сравнению со старопахотными. Засоренность увеличивает сопротивление, а оструктуренность уменьшает. Способы обработки могут заметно изменять условия сопротивления почв. Так, подпахотное рыхление почв способствует улучшению физических свойств и уменьшению сопротивления при последующей обработке почвы. Химической мелиорацией, как, например, изменением состава поглощенных оснований, т. е. известкованием кислых или гипсованием солонцеватых почв, внесением клеящих веществ (полимеров) для оструктуривания их, возделыванием культурных растений — мелиорантов (люцерна, клевер и др.) с одновременным внесением органических веществ и минеральных удобрений и другими подобными мероприятиями можно коренным образом улучшить комплекс физических и физико-химических свойств почв.

Почва при обработке распадается на отдельности разной величины и формы в зависимости от состояния структуры, строения почвы и увлажнения, т. е. от физической готовности к обработке, или с п е л о с т и. Важным свойством почвы является способность при обработке крошиться, распадаться на комковато-зернистые от-

дельности, что определяется оптимальной влажностью обработки. При обработке почвы более совершенными орудиями (типа фрез и др.) можно изменять взаимное расположение элементов почвенной массы, создавая некоторое подобие структурного состояния. Рыхлое сложение пахотного горизонта, достигнутое своевременной весенней обработкой спелой почвы, обычно сохраняется в течение всего вегетационного периода. Такое сложение, созданное осенней обработкой, весной нередко разрушается.

По физической спелости почвы, при которой она оказывает наименьшее сопротивление при обработке и распадается на агрегаты, определяются оптимальные сроки ее обработки. Содержание влаги в почве около 40% ПВ чаще соответствует такому состоянию спелости почвы, когда необходимо приступить к ее обработке. Оптимальная для обработки влажность структурной почвы близка к влажности, соответствующей началу прилипания.

На поверхности суглинистой и глинистой почвы после увлажнения часто образуется заплывший верхний слой пахотного горизонта, изрезанный вертикальными трещинами, называемый почвенной коркой. Она увеличивает потери влаги, ухудшает условия роста и развития растений — задерживает доступ воздуха к корням, ухудшает газообмен и приостанавливает нормальное образование питательных веществ в усвояемой форме, снижает использование почвой выпадающих осадков и оросительных вод. В результате снижается всхожесть семян, понижается урожай. Почвенную корку необходимо разрушать после каждого полива, что увеличивает затраты труда и средств на уход за пашней.

Заплывание почвы при увлажнении и образование корки на посевах связано с относительно тяжелым механическим составом почвы и происходит при содержании глинистых частиц (0,005—0,001 мм) и ила (меньше 0,001 мм) в сумме более 25 %. На почвах, содержащих 60 % пылеватых и песчаных фракций и более, почвенная корка не образуется. При количестве ила свыше 20 % почва во время дождей и при поливе может заплывать и образовывать корку при высыхании.

Ниже границы пахотного горизонта у суглинистой и глинистой почвы нередко наблюдается уплотненный подпахотный горизонт, называемый плужной, или пахотной, подошвой. Происхождение ее объясняют механическим уплотнением подпахотного горизонта вследствие трамбования и замазывания плужной пятой неспелой переувлажненной почвы при многократной вспашке. Уплотненная прослойка может появиться также в результате перемещения с водой коллоидов и задержания их в подпахотном слое. В этом случае пахотная подошва является своеобразным микроиллювием. Над плужной подошвой пахотный слой нередко переувлажняется, что влечет за собой вымокание, выпревание и гибель посевов озимых культур. Пахотная подошва мешает инфильтрации воды в более глубокие корнеобитаемые горизонты почвы. Для ее предотвращения необходимо менять глубину вспашки и разрушать подошву почвоуглубителем, известкованием кислых и гипсованием щелочных почв и т. д.

Глава IV
ВОДНЫЕ СВОЙСТВА И ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ

§ 13. Роль воды в почвообразовании

Вода является одной из трех составляющих почвы наряду с твердой и газообразной частями. Почвенная влага — один из важнейших факторов образования почв и их плодородия. От содержания влаги в почве зависит скорость выветривания горных пород, интенсивность физических, химических, физико-химических и биологических процессов. Влажность почвы влияет на образование ее структуры, физико-механические свойства, предопределяет качество обработки и затраты энергии на нее. Влага, передвигаясь в почве, переносит с собой многие растворенные и взвешенные вещества. Она необходима для жизнедеятельности микроорганизмов, являющихся важным фактором почвообразования.

Жизнь высших растений также невозможна без воды. Вода и углекислый газ являются основными материалами для фотосинтеза и образования органического вещества. Растения на 80—90 % состоят из воды, а на создание единицы массы сухого вещества они затрачивают 400—800 частей воды. Вода необходима для растворения питательных веществ и обеспечения минерального питания растений. От количества влаги зависит концентрация почвенных растворов, а следовательно, доступность питательных веществ для растений. Растения и почва, испаряя большое количество влаги, регулируют тем самым свою температуру, особенно в жаркое время года.

Большая роль воды в почвообразовании, жизнедеятельности микроорганизмов и растений объясняется рядом особых ее свойств. Вода обладает очень большой теплоемкостью, скрытой теплотой парообразования и плавления, большой теплопроводностью. Этим объясняется значительное терморегулирующее и теплостатирующее действие ее в почве и в растении. Молекулы воды имеют небольшие размеры, поэтому они легче, чем другие, проходят через полупроницаемые мембраны, в частности стенки клеток растений, образуя осмотические явления. Вода обладает очень высокой растворяющей способностью и сравнительно небольшой вязкостью, отличается довольно сложной, динамичной макроструктурой, которая еще до сих пор не полностью изучена. Многие ученые доказывают наличие ближнего упорядочения молекул воды.

Изучение водных свойств почвы и показателей водного режима имеет исключительное значение для повышения плодородия почвы и получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Регулируя количество воды в почве, можно сравнительно легко управлять многими ее свойствами, осуществлять гидромелиорацию.

§ 14 Количество и формы влаги в почве

Почвенная влага находится в особых условиях вследствие очень большой поверхности контакта ее с твердой и газообразной частя-

ми почвы. На состояние влаги некоторое влияние оказывают растворенные в ней вещества. Многообразные процессы на границе фаз приводят к тому, что разные объемы влаги находятся под преобладающим действием сил разной природы и, следовательно, в разных состояниях. Поэтому общее количество влаги в почве, характеризуя в первом приближении ее влагонасыщенность, не является исчерпывающим показателем, так как не дает полного представления о состоянии влаги, ее подвижности, доступности для растений. Следует также иметь в виду, что различные методы и способы определения влажности почвы могут характеризовать наличие только некоторого количества воды, находящейся в определенных состояниях.

Количество влаги в почве характеризуется двумя понятиями: влажностью почвы и запасом влаги в почве. Влажность почвы — это отношение массы влаги в некотором объеме почвы к массе сухой почвы; выражается обычно в процентах. Такую влажность называют массовой влажностью. Во многих случаях влажность удобно выражать в виде отношения объема влаги к объему почвы; это объемная влажность (в долях объема или в %).

Объемная ω и массовая ω_M влажность связана зависимостью

$$\omega = d_V \omega_M,$$

где d_V — плотность почвы.

Запасы влаги обычно определяют в некотором слое почвы, выражают их или в м^3 влаги на 1 га, или в мм слоя воды. Очевидно, что 1 мм слоя воды соответствует 10 м^3/га. Для определения запасов влаги послойно измеряют влажность почвы:

$$W = 10\,000 \sum_{i=1}^{n} h_i \omega_i,$$

где ω_i — объемная влажность почвы (в долях объема) в слое h_i, n — число слоев.

Зная запасы влаги в почве на два момента времени, можно вычислить изменение запасов и расход влаги из какого-либо слоя:

$$\Delta W = W_н - W_к,$$

где $W_н$ и $W_к$ — запасы влаги соответственно на начало и конец периода.

В некоторых случаях влажность выражают в процентах или долях от того или иного вида влагоемкости (относительная влажность); например в процентах полной влагоемкости (так называемая влагонасыщенность почвы) или в процентах предельной полевой влагоемкости.

В настоящее время применяются различные методы и способы измерения влажности почвы как в полевых условиях (разовые или систематические стационарные измерения), так и в лабораторных.

Наиболее часто применяемые способы измерений влажности можно объединить в следующие группы, использующие один и тот же метод: 1) весовой, основанный на высушивании и взвешива-

нии образцов почвы; 2) тензометрический, основанный на измерении натяжения почвенной влаги поверхностными силами, возникающими на границе фаз; 3) радиоактивный, основанный на взаимодействии интенсивности радиоактивного излучения помещаемых в почву источников с молекулами воды или атомами водорода; 4) электрический, основанный на измерении электрических свойств почв (сопротивления, емкости, индуктивности), зависящих от ее влажности.

Для приближенной оценки влажности почвы применяются также экспресс-методы: спиртовой, по состоянию растений и др. (Методы и способы измерения влажности почвы изложены в практикумах по мелиоративному почвоведению.)

Почве всегда присуща неоднородность, которая может быть детерминированной, или закономерной,—генетически разнородные слои, разновидности почв в пространстве, и случайной — в пределах генетически однородных объемов. Из-за случайной неоднородности почвы для достоверного определения влажности и запасов влаги измерения приходится выполнять с некоторой повторностью. Число точек измерений зависит от степени неоднородности и требуемой точности.

В полевых условиях в каждой точке обычно отбирают по нескольку (3—5) образцов из каждого генетического слоя. На изучаемой территории располагают 10—20 точек измерений, результаты которых подвергают статистической обработке.

Формы воды в почве определяются ее агрегатным состоянием и взаимодействием с твердой и газообразной составляющими почвы. Принято различать две группы форм почвенной влаги: связанная влага, на передвижение которой силы тяжести практически не оказывают влияния, и свободная влага, которая передвигается под действием ряда сил, в том числе и гравитационных. Такое деление влаги до некоторой степени условно, как и выделение отдельных ее форм. Вместе с тем оно позволяет качественно показать многообразие воздействий на почвенную влагу твердой и газообразной фаз.

Связанную влагу подразделяют на химически связанную, или конституционную, кристаллизационную, физически связанную (адсорбированную и воду в твердом состоянии, или внутрипочвенный лед).

Химически связанная влага, или конституционная, входит в состав молекул почвенных минералов в виде гидроксильных групп OH^-, например: $Fe_2O_3+3H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_3$. Удалить эту влагу из почвы можно только прокаливанием, т. е. нагреванием до 400—800 °С, сопровождающимся разрушением минералов. Наибольшее количество конституционной влаги (3—5 % массы сухой почвы) имеется в глинистых минералах.

Кристаллизационная, или кристаллогидратная, влага в виде молекул входит в состав кристаллов, например: $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ — гипс, $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ — мирабилит. Удалить из почвы эту влагу можно при нагревании до 100—200 °С. Она может перехо-

дить в раствор при растворении солей. Кристаллизационная влага влияет на физические свойства почв. Значительное количество ее содержится, например, в «пухлых» солончаках. Конституционная и кристаллизационная влага в почве не передвигается, не испаряется и недоступна растениям.

Адсорбированная влага. Адсорбция, или поверхностная сорбция, означает изменение концентрации вещества у поверхности раздела фаз или накопление одного из веществ у этой поверхности. Адсорбентом называют вещество, на поверхности которого накапливается другое вещество, а адсорбатом—накопляемое, или поглощаемое, вещество. Физическая сущность адсорбции заключается в наличии на поверхности раздела фаз некомпенсированных межмолекулярных сил. При адсорбции неполярных жидкостей достаточно мономолекулярного слоя адсорбата для компенсации поверхностных сил твердой частицы.

При адсорбции полярных жидкостей, к которым относится и вода, образуется полимолекулярный слой толщиной в несколько десятков и даже сотен ангстрем (так называемый сольватный слой). Силы притяжения в этом слое убывают по мере удаления от поверхности твердой частицы, соответственно и возрастает степень подвижности молекул воды, ее доступность для растений. Поэтому в почвоведении адсорбированную влагу принято разделять на две формы — гигроскопическую и пленочную.

Понятие гигроскопическая влага обусловлено способностью сухой (так называемой абсолютно сухой в отличие от воздушно-сухой) почвы поглощать пары воды из атмосферы и увеличивать влажность до воздушно-сухого состояния. Предельное количество гигроскопической влаги, поглощенной почвой из воздуха при относительной влажности, близкой к 100 %, называется максимальной гигроскопичностью почвы, являющейся одной из ее водно-физических констант. Некоторая условность в выделении гигроскопической влаги заключается в том, при какой относительной влажности воздуха ее определяют. Так, если абсолютно сухая почва насыщается влагой из воздуха, находящегося в замкнутом пространстве (в эксикаторе) над 10 %-ным раствором серной кислоты или над насыщенным раствором сернокислого калия, то относительная влажность воздуха устанавливается около 98 %.

Водородные связи гигроскопической влаги из-за ориентированного фиксированного положения диполей воды у поверхности твердых частиц разорваны или сильно искажены. Поэтому прочносвязанная гигроскопическая влага обладает рядом свойств, отличающих ее от капельно-жидкой объемной влаги. Так, гигроскопическая влага имеет большую плотность, обладает сдвиговой прочностью, не растворяет те вещества, которые растворяются в объемной влаге, имеет пониженную (от —4 до —78 °С) температуру замерзания.

Гигроскопическая влага неподвижно удерживается у поверхности твердых частиц, недоступна растениям, всасывающая сила

корней которых не может преодолеть сил поверхностного притяжения. Гигроскопическая влага может быть удалена из почвы только при нагревании ее до 100—105 °С. Количество этой влаги во многом зависит от степени раздробленности твердой фазы почвы, от содержания коллоидов и гумуса. Ее количество коррелирует с удельной поверхностью твердой фазы почвы, под которой понимают поверхность всех твердых частиц почвы, составляющих объем 1 $см^3$.

Для частиц почвы, приближающихся по форме к сферическим (песчаные почвы), удельная поверхность примерно равна $S = 3{,}5/d$ $см^{-1}$, где d — диаметр частиц. Так, при диаметре частиц $d = 0{,}01$ см $S = 350$ $см^2/см^3$, т. е. суммарная поверхность всех частиц в 1 $см^3$ почвы равна 350 $см^2$, что в 60 раз больше поверхности кубика с ребром 1 см. Для глинистых частиц, имеющих вид чешуек, $S \cong 10/d$ $см^{-1}$ и при толщине чешуек $d = 0{,}001$ мм $= 0{,}0001$ см, $S = 10$ $м^2/см^3$, т. е. глинистые почвы имеют гораздо большую удельную поверхность, чем песчаные.

Ориентировочно максимальная гигроскопичность составляет: для песчаных почв < 1 % объема, легкосуглинистых — 2—3, среднесуглинистых — 3—5, тяжелосуглинистых — 5—10, глинистых — 10—20 %.

Гигроскопическая влага, обволакивающая твердые частицы почвы, не компенсирует полностью их поверхностную энергию. При увеличении влажности почвы сверх максимальной гигроскопичности количество адсорбированной влаги возрастает и вокруг твердых частиц образуется пленочная, или рыхлосвязанная, влага. Диполи в этом слое слабоориентированы, свойства этой влаги близки к свойствам объемной, или капельно-жидкой воды. Пленочная влага может передвигаться из-за разности температур, концентраций и влагосодержания (от толстых пленок к тонким), однако скорость передвижения очень мала. Поэтому роль пленочной влаги в водном и питательном режимах растений незначительна, хотя при иссушении почвы растения способны усваивать часть пленочной влаги. Максимальное количество пленочной влаги зависит от степени раздробленности скелета почвы, т. е. от удельной поверхности, от содержания коллоидов и гумуса в почве.

Наибольшее количество гигроскопической и пленочной влаги А. Ф. Лебедев назвал максимальной молекулярной влагоемкостью. Для песчаных почв она ориентировочно составляет 4—6 % объема, для супесчаных — 6—12, суглинистых — 12—22, глинистых — 22—32 %.

Между максимальной гигроскопичностью и максимальной молекулярной влагоемкостью находится влажность устойчивого завядания растений. При уменьшении влажности почвы до такого значения растения уже не могут восстановить свою жизнедеятельность при последующем увлажнении. Существует еще влажность начала завядания, которое может быть устранено при увлажнении.

Завядание растений наступает тогда, когда отбор влаги корня-

ми становится меньше ее расхода на транспирацию. Сосущая сила корней у разных растений неодинакова, поэтому величина влажности устойчивого завядания колеблется в некоторых пределах. Исследования показали, что влажность устойчивого завядания связана с максимальной гигроскопичностью и для разных почв составляет в среднем 1,5 ее величины.

К физически связанной относят также воду в твердом состоянии, или внутрипочвенный лед. При понижении температуры почвы вначале замерзает свободная влага, а затем адсорбированная. Гигроскопическая влага переходит в лед при температуре существенно меньше 0°С. Увеличение объема влаги при замерзании сказывается на структуре почвы. Наблюдается некоторое положительное влияние промерзания почвы на ее структуру при незначительном исходном увлажнении и отрицательное — при избыточном. В последнем случае внутрипочвенный лед разрушает микроагрегаты. Из-за разности температур на нижней границе промерзания отмечается подток влаги из нижних слоев и образование тонких (иногда толщиной 1—1,5 см) прослоек льда, в результате чего могут разрываться корни многолетних растений.

Глубина промерзания почв зависит от многих факторов: климатических условий, механического состава почв, степени исходного увлажнения, близости грунтовых вод.

В промерзшем слое резко изменяются физико-механические свойства почв: увеличиваются твердость и сопротивление при обработке. Поэтому от скорости оттаивания почвы в весенний период зависят сроки начала полевых работ. Почва, замерзшая при сильном исходном увлажнении, практически водонепроницаема, что замедляет ее осушение весной в северных избыточно увлажненных районах.

Свободная влага, в передвижении которой заметное участие принимают силы тяжести, подразделяется на капиллярную, гравитационную и парообразную. Капиллярная влага находится под действием двух сил: капиллярных, или менисковых, и гравитационных. При преобладании первых в почве возникают, как правило, восходящие токи влаги, в противном случае — нисходящие. При равенстве этих сил образуется некоторое равновесное состояние.

Высоту подъема воды в цилиндрическом капилляре (рис. 7) находят из равенства давления под вогнутым мениском и противодавления, вызванного массой столба жидкости в капилляре, отсчитываемом от поверхности воды в чашке, куда опущен капилляр: $P_м = P_г$. Давление под вогнутым мениском $P_м = 2\sigma/R$, где R — радиус мениска, который зависит от радиуса капилляра r и угла смачивания θ: $r = R\cos\theta$; σ — поверхностное натяжение для воды на границе жидкой и газообразной фаз. Давление от массы столба жидкости $P_г = \rho g h$,

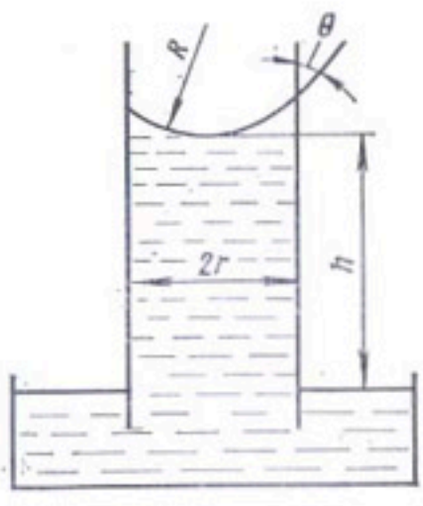


Рис. 7. Подъем воды в капилляре.

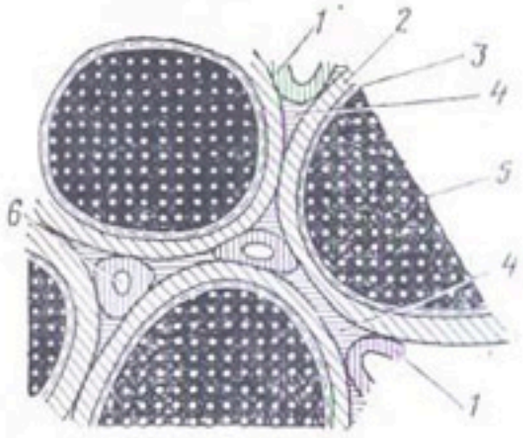


Рис. 8. Формы воды в почве:

1 — гигроскопическая; *2* — пленочная; *3* — стыковая; *4* — капиллярная; *5* — воздух; *6* — твердая частица.

где ρ — плотность воды, g — гравитационная постоянная, h — высота столба жидкости. Если обозначить через $\gamma = \rho g$ — объемный вес воды и приравнять давления, то

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\gamma r}.$$

По этой формуле можно подсчитать, что в капилляре радиусом 0,01 мм при температуре 20 °С $\sigma = 75$ дин/см, $\text{Cos}\,\theta \approx 1{,}0$, высота подъема около 1,5 м.

Геометрия пористого пространства почвы очень сложная и не может быть представлена в виде пучка вертикальных капилляров даже разных диаметров. Наличие в почве пор различной формы и размеров, присутствие микроагрегатов приводит к тому, что в почве может образовываться капиллярно-подпертая влага над поверхностью грунтовых вод и капиллярно-подвешенная в верхних горизонтах после увлажнения почвы.

Влажность почвы при наличии подвешенной влаги превышает максимальную молекулярную влагоемкость из-за образования «манжет» на стыке твердых частиц почвы и из-за разности диаметров внутри- и межагрегатных пор (рис. 8). Минимальное количество подвешенной влаги наблюдается в верхних частях однородного почвенного разреза при глубоких грунтовых водах спустя длительное время после увлажнения почвы и стекания гравитационной (т. е. сверхкапиллярной) влаги вниз. Естественно, что при этом не должно быть испарения влаги с поверхности почвы и расходования ее корнями растений. Это минимальное количество подвешенной влаги является водно-физической характеристикой почвы. А. А. Роде назвал его наименьшей влагоемкостью. По-видимому, более правильно называть его наименьшей полевой влагоемкостью, так как в почве выделяют также и другие значения влагоемкости — меньшие, чем рассматриваемая.

Над поверхностью грунтовых вод находится капиллярно-подпертая влага, образуя капиллярную кайму. Влажность в этой кайме уменьшается по мере подъема над поверхностью грунтовых вод из-за разной высоты подъема в порах с различными диаметрами. Форма каймы зависит от неоднородности пор по размерам. В почвах с равномерными порами (песчаные почвы) капиллярная кайма более отчетлива; при большой неравномерности пор по размерам (суглинистые почвы) капиллярная кайма растянута по высоте. Наверху капиллярной каймы подпертая влага переходит в подвешенную. Высота каймы является одной из водно-физических констант почвы и называется максимальной высотой капиллярного подъема h_k (рис. 9). Для песчаных почв она состав-

ляет примерно 0,4—1 м, супесчаных —1—1,5 м, суглинистых —1,5—2,5 м, глинистых 2,5—5 м.

Капиллярная кайма имеет большое значение в формировании водного режима почв, она связывает почвенную влагу в верхних корнеобитаемых горизонтах с грунтовыми водами. При подъеме уровня грунтовых вод капиллярная кайма поступательно перемещается вверх, вызывая увеличение влагозапасов в верхних горизонтах. При опускании грунтовых вод опускается вниз и капиллярная кайма, происходит осушение верхних слоев почвы. Эти явления дают возможность управлять влажностью почвы регулированием глубины залегания грунтовых вод. На этом основан принцип работы гидромелиоративных сооружений: дренажа, понижающего поверхность грунтовых вод в целях осушения, а также подпочвенных увлажнителей, с помощью которых поднимают поверхность грунтовых вод.

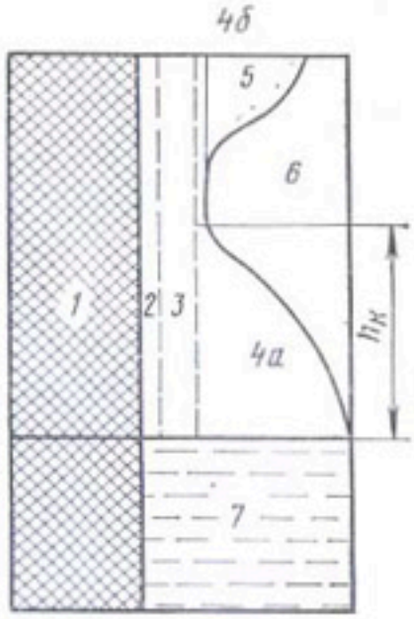


Рис. 9. Распределение почвенной влаги по высоте:

1 — твердая фаза; *2* — гигроскопическая влага; *3* — пленочная влага; *4а* — капиллярно-поднертая влага (капиллярная кайма); *4б* — капиллярно-подвешенная влага; *5* — подвешенная влага; *6* — почвенный воздух; *7* — грунтовая вода.

При глубинах грунтовых вод, соизмеримых с максимальной высотой капиллярного поднятия, и в связи с подвижностью капиллярной влаги в почве могут формироваться значительные вертикальные потоки. Этот водообмен существенно влияет на почвообразование, на многие свойства почвы и ее плодородие. Интенсивные нисходящие токи могут вызвать излишнюю промываемость почвы, вынос питательных веществ, удобрений, почвенных коллоидов, а также потери поливных вод. На засоленных почвах эти токи помогают удалить из почвы вредные для растений соли. Восходящие токи, с одной стороны, участвуют в снабжении растений водой, с другой — являются причиной засоления почв, если в грунтовых водах растворены токсичные соли.

Капиллярная влага удерживается твердой фазой почвы меньшими силами, чем адсорбированная, поэтому она более доступна растениям, фактически она и определяет запасы так называемой продуктивной влаги и условия жизни растений.

Гравитационная влага — это влага, которая не может быть удержана в почве капиллярными силами. Если она образуется в почве после обильного увлажнения, то стекает вниз. Скорость этого стекания замедляется во времени. В верхних горизонтах почвы остатки гравитационной влаги могут удерживаться в течение нескольких суток и даже недель. Эта водоудерживающая способность почвы дает возможность проводить поливы большими нормами и не очень часто, что облегчает орошение.

В почве или в подстилающих ее горных породах часто имеются слои, в которых все поры заняты водой. Это наблюдается, когда на

какой-то глубине залегают водонепроницаемые отложения. Вода в этих слоях называется грунтовой.

В слоистых почвах и грунтах над слабопроницаемыми прослойками могут образовываться временные скопления гравитационной влаги. Эти скопления называются верховодкой; они могут быть и полезными, когда препятствуют потере талых вод весной в засушливых районах, и вредными, когда вызывают переувлажнение корнеобитаемого горизонта.

К свободной относится также вода в форме пара. Водяные пары всегда присутствуют в почвенном воздухе, влажность которого близка к 100 %. Количество парообразной влаги в почве невелико, но она имеет определенное значение во влагообороте внутри почвы. Увлажняя почвенный воздух, пары предохраняют корни растений от высушивания.

Парообразная влага характеризуется большой подвижностью, передвигается в почве конвективно (с передвигающимся почвенным воздухом) из-за разности давлений или температуры и кондуктивно (за счет градиента упругости водяного пара). При изотермических условиях в сухих почвах наблюдается диффузия водяного пара в сторону, где меньше содержание адсорбированной (пленочной или гигроскопической) влаги. В почве постоянно идут процессы испарения и конденсации из-за колебания температуры. Изменение температуры и давления приводят к воздухообмену между почвой и приземными слоями атмосферы. Эти процессы вызывают испарение влаги с поверхности почвы, которое условно называют физическим в отличие от биологического (расходование почвенной влаги на испарение растениями).

В результате воздухообмена почвы с атмосферой испарение происходит не только с поверхности почвы, но и из поверхностного слоя, толщина которого зависит от структурности почвы, ее разрыхленности после обработки: вспашки, культивации. В засушливых районах для уменьшения испарения применяют прикатывание, разрушение почвенной корки, затенение почвы растительным покровом. В избыточно увлажненной зоне испарение способствует осушению почвы.

Различают также внутриклеточную влагу, которая находится в клетках неразложившихся или полуразложившихся растительных остатков, имеющихся в почве. Такой влаги много в дерновых горизонтах и особенно в торфяных почвах. Эта влага недоступна растениям до полного разложения растительных остатков.

Влагоемкость почвы — способность ее удерживать максимальное количество влаги длительное время в соответствии с действующими силами.

Различают следующие виды влагоемкости:

1) максимальная гигроскопичность — максимальное количество влаги, которое может сорбировать абсолютно сухая почва из воздуха при его относительной влажности около 98 %;

2) максимальная молекулярная влагоемкость — максимальное количество влаги, удерживаемое твердой фазой почвы поверхност-

ными силами, т. е. наибольшее количество сорбированной влаги;

3) наименьшая полевая влагоемкость — наибольшее количество капиллярно-подвешенной влаги в однородной почве при глубоких грунтовых водах после увлажнения и стекания избыточной влаги;

4) предельная полевая влагоемкость — количество влаги, которое остается в однородной почве при глубоком залегании грунтовых вод после обильного увлажнения и вытекания влаги из крупных пор. Строго говоря, предельная полевая влагоемкость не является константой, так как ее количество меняется во времени. Вместе с тем она позволяет разделить влагу на быстро и медленно стекающую. Такое разделение имеет практическое значение, так как оно ограничивает степень увлажнения почвы при поливах. В практике орошения поливную норму, т. е. разовое количество влаги, подаваемое в почву при поливе, назначают такую, чтобы почву не увлажнять сверх предельной полевой влагоемкости во избежание потерь оросительной воды.

Таким образом, зная величину предельной полевой влагоемкости — ППВ (в долях от объема почвы) и исходную влажность перед поливом $\omega_{исх}$ в увлажняемом слое $h_{увл}$ (в м), можно рассчитать наибольшее значение поливной нормы (в м³/га): $M = 10000 \cdot h_{увл} (ППВ - \omega_{исх})$. Ориентировочно предельная полевая влагоемкость составляет от 60 % пористости для песчаных почв и до 70—75 % — для глинистых структурных почв;

5) полная влагоемкость почвы, когда все или почти все ее поры заняты водой. При медленном увлажнении снизу, т. е. при подъеме уровня грунтовых вод, почвенный воздух вытесняется из всех пор, и полная влагоемкость равна пористости. При увлажнении сверху, например при затоплении поверхности почвы, быстро впитывающаяся влага защемляет воздух в тупиковых и мелких порах, и тогда полная влагоемкость оказывается меньше пористости на величину объема защемленного воздуха, равного 0,02—0,07 объема почвы.

Методы определения влагоемкости почвы изложены в практикумах по мелиоративному почвоведению.

§ 15. Передвижение влаги в почве

Перечисленные выше формы почвенной влаги характеризуют ее статику. Для описания водного режима и управления им необходимо знать динамику почвенной влаги, которая постоянно находится в движении.

Движение почвенной влаги, как и всякое движение, зависит от двух факторов: наличия градиента сил, выводящих влагу из равновесного состояния, и проводимости почвы, или сопротивления, которое встречает влага при передвижении.

Многочисленными экспериментами показано, что движение влаги в почве в большинстве случаев может быть описано законом Дарси, предполагающим линейную зависимость скорости движения влаги от градиента действующих сил. В прямоугольной систе-

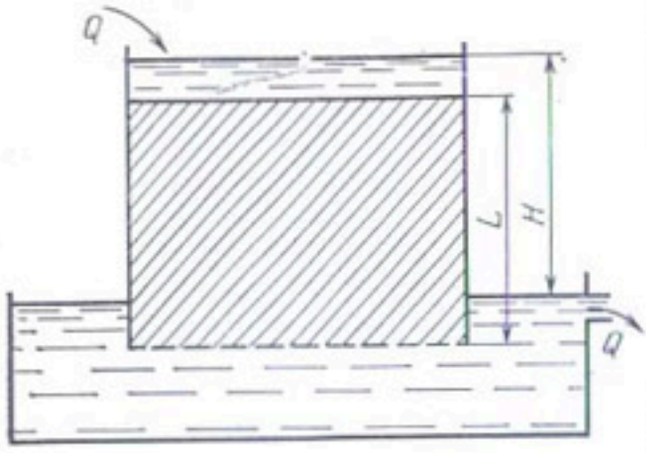


Рис. 10. Схема фильтрации в почвенном монолите.

ме координат составляющие вектора скорости движения влаги равны:

$$v_x = -k_W \frac{\partial \mu}{\partial x}; \quad v_y = -k_W \frac{\partial \mu}{\partial y};$$

$$v_z = -k_W \frac{\partial \mu}{\partial z}. \qquad (1)$$

В почве в основном формируются вертикальные потоки влаги, хотя иногда существенными являются и горизонтальные составляющие, например при боковом растекании влаги, впитывании влаги из поливной борозды или при изучении притока влаги к корням растений. Далее будет рассмотрен случай вертикального движения влаги вдоль оси x с началом координат на поверхности земли.

В выражении (1) под скоростью движения влаги v понимают объем влаги, протекающей через поперечное сечение всей почвы за единицу времени. Скорость движения влаги измеряется чаще всего в м/сут. Следует иметь в виду, что эта скорость отличается от истинной скорости $v_{ист}$ движения влаги в сечении, заполненном только влагой, и является фиктивной или приведенной, удобной для расчетов. Приведенная и истинная скорости связаны зависимостью

$$v = \omega v_{ист},$$

где ω — влажность (в долях от объема почвы).

В выражении (1) k_W — коэффициент влагопроводности почвы, характеризующий сопротивление, которое встречает влага при движении в пористом пространстве. Влагопроводность зависит от формы и размеров пор и степени их заполненности влагой. При полном влагонасыщении коэффициент влагопроводности обычно называют коэффициентом фильтрации. Сущность последнего может быть установлена следующим простым опытом (рис. 10). Образец почвы с ненарушенной структурой в цилиндре длиной L и с площадью поперечного сечения F поместим в чашку с водой и обеспечим постоянные уровни воды над образцом и в чашке путем долива ее сверху и слива. Спустя некоторое время поток влаги стабилизируется и будет характеризоваться некоторым расходом Q, т. е. объемом воды, протекающим через образец за единицу времени. Измерим разность уровней воды H. Очевидно, что чем больше разность уровней или действующий напор H и чем больше площадь сечения образца F, тем больше воды будет фильтроваться через образец. Вместе с тем чем длиннее образец почвы L, тем расход воды будет меньше при прочих равных условиях. Исходя из этого, можно записать:

$$Q = k_\phi F \frac{H}{L},$$

где k_ϕ — коэффициент, связывающий расход со свойствами и размерами образца. Обозначим Q/F через скорость фильтрации v_ϕ, а отношение H/L — через градиент напора или фильтрационный уклон J — т. е. разность напоров, деленную на длину фильтрационного потока. Тогда $v_\phi = k_\phi J$.

Отсюда следует определение понятия коэффициента фильтрации k_ϕ как скорости фильтрационного потока при градиенте напора (или при фильтрационном уклоне), равном единице. Коэффициент фильтрации является важной водно-физической характеристикой почвы. Он, как правило, измеряется в полевых или лабораторных условиях на ненарушенных образцах почвы.

Влагопроводность почвы при неполном насыщении водой сильно уменьшается, для ее оценки может быть использована, например, формула С. Ф. Аверьянова, которая хорошо согласуется с опытными данными:

$$k_W = k_\phi \left(\frac{\omega - \omega_M}{m - \omega_M} \right)^{3,5}, \qquad (2)$$

где ω — влажность почвы; ω_M — максимальная молекулярная влагоемкость; m — пористость почвы, или полная влагоемкость.

Эта формула предполагает, что при полном насыщении коэффициент влагопроводности максимален и равен коэффициенту фильтрации, а при влажности, равной максимальной молекулярной влагоемкости, подвижность почвенной влаги под действием силы тяжести равна нулю.

В выражении (1) μ — потенциал почвенной влаги, характеризующий ее энергетическое состояние. Под потенциалом почвенной влаги подразумевают работу (взятую с обратным знаком), которую надо совершить для изотермического и обратимого переноса единицы массы чистой воды из почвы в состояние сравнения (например, на поверхность почвы или на уровень грунтовых вод).

Основными составляющими потенциала почвенной влаги являются осмотический потенциал (μ_o), капиллярный (μ_h) и гравитационный (μ_g), т. е. $\mu = \mu_o + \mu_h + \mu_g$.

Осмотический потенциал появляется из-за наличия в почвенной влаге растворенных веществ и равен работе (с обратным знаком) для перемещения единицы массы чистой воды из почвенного раствора в объем чистой воды при том же внешнем давлении и температуре, т. е. при прочих равных условиях. Осмотический потенциал прямо пропорционален концентрации раствора. На засоленных почвах он достигает больших значений и должен учитываться при описании передвижения влаги. На незасоленных почвах градиент осмотического потенциала невелик и в первом приближении при расчете движения влаги не учитывается.

Капиллярный потенциал возникает при неполном влагонасыщении в результате появления капиллярного давления под вогнутыми менисками влаги в порах почвы. Он равен работе (с обратным знаком) для переноса единицы массы почвенного раствора из почвы в свободный раствор (той же концентрации), находящийся на той же высотной отметке и при той же температуре. Капиллярный потенциал является главным фактором, связывающим наибо-

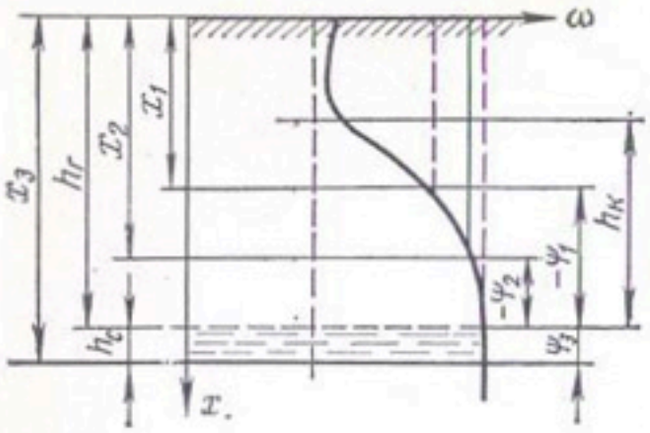


Рис. 11. Схема равновесной капиллярной каймы.

лее важную для растений и доступную влагу с твердой фазой почвы. Степень связности капиллярной влаги почвой увеличивается по мере уменьшения влажности.

Гравитационный потенциал характеризует энергию, содержащуюся в почвенной влаге, в связи с различным ее высотным положением по отношению к плоскости сравнения и равен работе (с обратным знаком) для переноса единицы массы почвенного раствора в ту же почву (при тех же влажности, концентрации и температуре) на плоскость сравнения.

Измеряемый в дж/г потенциал почвенной влаги, учитывая, что плотность воды равна 1 г/см^3, удобно заменять эквивалентным ему давлением: 1 дж/г$\approx$10 бар$=1\cdot10^6$ Па$=$10,2 атм$=$102 м водного столба. В практике гидромелиоративных расчетов потенциал почвенной влаги удобнее всего выражать в метрах водного столба, т. е. напором почвенной влаги. Большие по абсолютной величине напоры почвенной влаги Скофилд предлагает выражать через их логарифмы pF (в см водного столба). Так, если напор равен 1 атм$=$1000 см водного столба, то pF$=$3. Благодаря удерживающей способности почвы напор почвенной влаги чаще всего отрицателен.

Если плоскость сравнения разместить на поверхности почвы и ось x направить вниз, то гравитационный потенциал в данной точке профиля эквивалентен глубине этой точки, взятой с обратным знаком, т. е. $\mu_g \rightarrow -x$.

Для выявления удобного способа представления капиллярного потенциала и эквивалентного ему капиллярного напора рассмотрим капиллярную кайму над уровнем грунтовых вод, находящуюся в равновесном состоянии, т. е. когда в ней отсутствует движение влаги (рис. 11). В этом случае в капиллярной кайме должен отсутствовать градиент полного напора почвенной влаги (состоящий из гравитационного $-x$ и капиллярного ψ); в двух любых точках напоры $H_1=-x_1+\psi_1$ и $H_2=-x_2+\psi_2$ должны быть равны. Предположим, что в точке x_1 при влажности ω_1 капиллярный потенциал $\psi_1=-(h_г-x_1)$ — равен ординате равновесной эпюры влажности в капиллярной кайме, отсчитываемой с обратным знаком от уровня грунтовых вод ($h_г$ — глубина грунтовых вод). Аналогично для точки x_2 с влажностью $\omega_2\psi_2=-(h_г-x_2)$. Тогда полный напор в этих точках равен соответственно $H_1=-x_1+\psi_1=-x_1-h_г+x_1=-h_г$, $H_2=-x_2+\psi_2=-x_2-h_г+x_2=-h_г$.

Следовательно, при таком предположении условие равновесия выполняется. Такая трактовка капиллярного напора соответствует и физическому смыслу — при полном влагонасыщении (на поверх-

ности грунтовых вод) капиллярный напор равен нулю, а по мере уменьшения влажности он увеличивается по абсолютной величине, достигая некоторой постоянной величины при минимальном количестве подвешенной влаги за пределами капиллярной каймы.

Таким образом, математическое описание формы равновесной каймы позволяет получить зависимость капиллярного напора от влажности почвы. Для минеральных средних по механическому составу почв эта зависимость имеет вид (А. И. Голованов):

$$\omega = \omega_M + (m - \omega_M) \exp\left(\nu\bar{\psi}^3\right), \quad \bar{\psi} = \psi/h_K \qquad (3)$$

Коэффициент ν в этой формуле устанавливается экспериментально, ориентировочно он равен 2,7. Согласно этой зависимости, на поверхности грунтовых вод $\psi=0$ и $\omega=m$, что соответствует действительности. Наверху капиллярной каймы $\psi=-h_K$, $\omega=\omega_M+0{,}07\,(m-\omega_M)$, т. е. наименьшая полевая влагоемкость несколько превышает максимальную молекулярную, что также соответствует физическому смыслу. Если в выражении для полного напора почвенной влаги $H=-x+\psi$ под уровнем грунтовых вод в качестве ψ понимать гидростатическую составляющую напора, или высоту столба грунтовой воды h_c, т. е. $\psi=h_c$, то представляется возможным рассчитывать движение влаги и в зоне полного насыщения. В точке x_3 (рис. 11) $\psi_3=x_3-h_г$, $H_3=-x_3+x_3-h_г=-h_г$, что доказывает правильность такого определения напора. Это открывает большие возможности для описания совместного передвижения влаги в зоне полного и неполного насыщения, что очень важно на мелиорируемых землях при неглубоких грунтовых водах.

Капиллярный потенциал почвенной влаги может быть измерен как в полевых, так и в лабораторных условиях. Существует несколько способов измерения: тензометрический, с помощью капилляриметров, с помощью прессов, психрометрический, криоскопический, способ нерастворяющего объема почвенной влаги и др.

Тензометрический способ измерения потенциала почвенной влаги применяется в полевых и лабораторных условиях. Он заключается в том, что в почву помещают конический датчик, изготовленный из тонкопористой керамики. В смоченном состоянии этот датчик способен пропускать воду, но не пропускает воздух при создании вакуума в его внутренней полости. Предельный вакуум, выдерживаемый датчиком, зависит от диаметра пор и может составлять 7—8 м водного столба. Датчик плотно вставляют в почву на определенной глубине, его полость и соединительные трубки заполняют водой

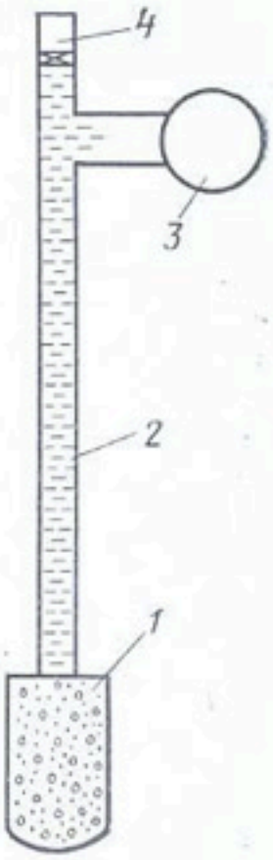


Рис. 12. Схема тензометрического датчика:

1 — керамический фильтр; *2* — соединительная трубка, заполненная водой; *3* — вакуумметр; *4* — газовая ловушка.

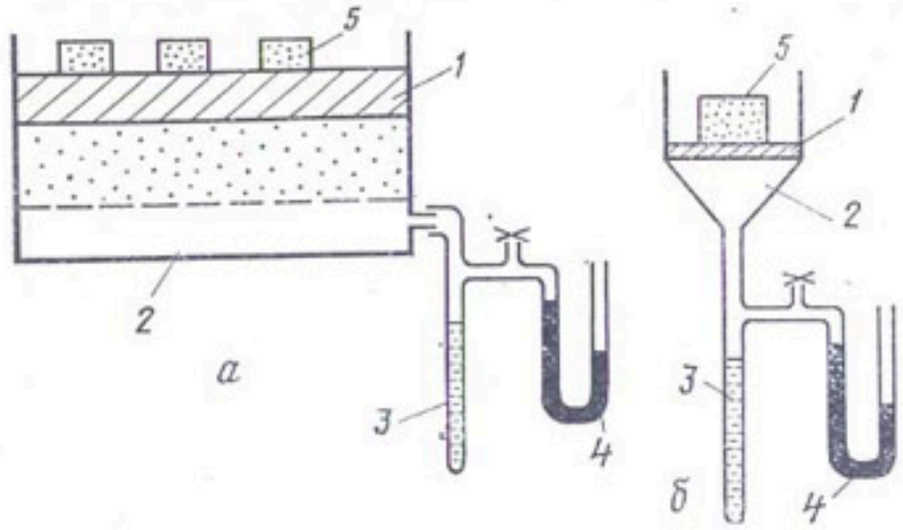


Рис. 13. Схема капилляриметра:

1 — воздухонепроницаемая мембрака; *2* — воронка; *3* — мерный цилиндр; *4* — вакуумметр; *5* — металлический цилиндр с образцом почвы.

(рис. 12) и подключают к нему вакуумметр. Если почва не полностью насыщена влагой, то благодаря капиллярному натяжению часть влаги из тензометра перетекает в почву. Образовавшийся вакуум измеряют, вводя поправку на разность высотных положений датчика и измерительного прибора.

При увлажнении почвы часть влаги перетекает внутрь тензометра, и вакуум внутри него уменьшается. Тензометры обладают некоторой инерционностью, так как необходимо определенное время для достижения равновесия вне прибора и внутри его.

Капилляриметры применяют в лабораторных условиях. На рисунке 13 изображены два варианта этого прибора: *а* — для измерения капиллярного потенциала в пределах 0—2 м водного столба и *б* — до 7—8 м водного столба. В первом случае образцы почвы с ненарушенным строением помещают в металлические цилиндры, закрытые снизу тканью. Сам прибор представляет собой ящик, заполненный снизу тонкозернистым песком, а сверху — каолином. Нижняя полость ящика соединена резиновой трубкой с чашкой, наполненной водой, которая может вертикально перемещаться. Измерения повторяют при разных положениях чашки, т. е. при разном разряжении. Влажность почвы, соответствующую определенному капиллярному потенциалу, определяют взвешиванием образцов. При большем разряжении используют капилляриметр в виде стеклянной воронки со впаянной в него керамической пластинкой (рис. 13—*б*).

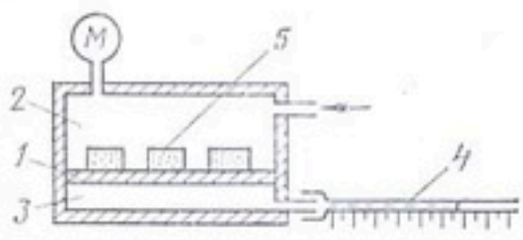


Рис. 14. Мембранный пресс:

1 — воздухонепроницаемая мембрана; *2* — камера высокого давления; *3* — камера атмосферного давления; *4* — мерный капилляр; *5* — металлический цилиндр с образцом почвы.

Прессы применяют при измерении потенциала почвенной влаги, достигающем $1{,}5 \cdot 10^6$ Па (15 атм). Наибольшее распространение в настоящее вре-

мя получил пресс Ричардса (рис. 14), представляющий собой прочный разъемный металлический цилиндр. На дно цилиндра помещают пленку, способную не пропускать воздух при высокой разности давления. Увлажненные образцы почвы нарушенного сложения в виде кашицы помещают в кольца высотой 1 см и диаметром 3 см. Цилиндр закрывают и в верхнюю полость подают воздух под заданным давлением. Спустя некоторое время (несколько суток) после отжатия влаги из образцов определяют их влажность.

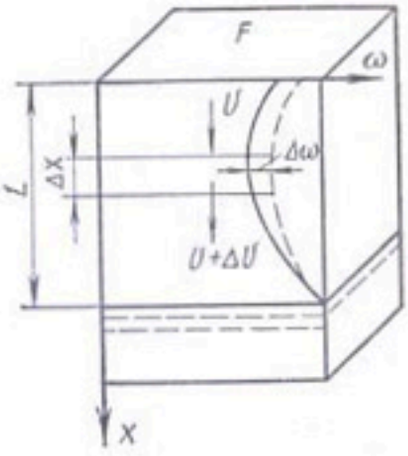


Рис. 15. Схема к расчету движения почвенной влаги.

Психрометрический способ измерения потенциала почвенной влаги заключается в достижении равновесия между давлением водяного пара в замкнутом объеме и давлением почвенной влаги в образце, помещенном в этот объем, при постоянной температуре.

Криоскопический способ основан на зависимости температуры замерзания почвенной влаги от ее потенциала и применяется в лабораторных условиях.

Способ нерастворяющего объема почвенной влаги применяется для определения прочносвязанной влаги и основан на повышении концентрации почвенного раствора по сравнению с концентрацией раствора, которым увлажняют сухую почву.

Используя основной закон движения почвенной влаги (1) и закон сохранения вещества, можно получить уравнение движения почвенной влаги. Рассмотрим одномерное вертикальное движение влаги через призматический объем почвы с площадью сечения F и высотой L (рис. 15). Разместим начало координат на поверхности земли и направим ось x вниз. Предположим, что в рассматриваемом объеме почвы происходит неустановившееся движение почвенной влаги, вызванное увлажнением с поверхности. Тогда за время Δt произойдет изменение эпюры влажности с положения 1 до положения 2. Рассмотрим баланс почвенной влаги в небольшом слое толщиной Δx за время Δt. За это время в нем произойдет накопление запасов влаги, равное $\Delta\omega\Delta xF$. В соответствии с законом сохранения вещества это изменение должно равняться разности между притоком влаги в этот слой и расходом из него.

Объем притока влаги через верхнее сечение слоя Δx равен $vF\Delta t$, где v — скорость движения влаги в этом сечении. На выходе из этого слоя скорость изменится и станет равной $v+\Delta v$, где Δv— приращение скорости. Помимо этого, из данного слоя возможен отбор влаги корнями растений. Выразим его в виде скорости $e_к$ — интенсивности отбора влаги с 1 м^2 площади поля, приходящейся на единицу толщины слоя, тогда $e_к$ будет иметь размерность м/сут/м$=$1/сут. В этом случае расход влаги из слоя Δx будет равен $(v+\Delta v)F\Delta t+e_к\Delta xF\Delta t$. Запишем уравнение баланса почвенной влаги: $\Delta\omega\Delta xF=vF\Delta t-(v+\Delta v)\cdot F\Delta t-e_к\Delta xF\Delta t$, или после некоторых упрощений:

$$\frac{\Delta\omega}{\Delta t} = -\frac{\Delta v}{\Delta x} - l_K.$$

Данное выражение представляет собой уравнение движения почвенной влаги, записанное в конечноразностной форме, удобной для расчетов с помощью ЭВМ. При $\Delta t \to 0$ и $\Delta x \to 0$ получим уравнение в дифференциальной форме:

$$\frac{\partial\omega}{\partial t} = -\frac{\partial v}{\partial x} - e_K.$$

С учетом выражения (1) имеем:

$$\frac{\partial\omega}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(k_W \frac{\partial H}{\partial x}\right) - e_K.$$

Выше было показано, что между влажностью и напором существует функциональная связь, поэтому

$$\frac{\partial\omega}{\partial t} = \frac{\partial\omega}{\partial H}\frac{\partial H}{\partial t}.$$

Обозначим $\frac{\partial\omega}{\partial H} = C$. Это соотношение является водно-физической характеристикой почвы и называется удельной влагоемкостью почвы. Оно показывает насколько изменяется влажность почвы при изменении напора на единицу. Имея в виду, что $H = -x + \psi$, для фиксированной точки $xC = \partial\omega/\partial\psi$. Выражение для C можно получить, продифференцировав зависимость (3):

$$C = \frac{3\nu}{h_K^3}(m - \omega_M)\psi^2 \exp\left(\nu\frac{\psi^3}{h_K^3}\right) \qquad (4)$$

При влажности, близкой к полному насыщению, т. е. при $\psi = 0$, $C = 0$, коэффициент влагоемкости имеет также очень малую величину при влажности $\omega \to \omega_M$ и достигает своего максимума при $\psi = -0{,}63\,h_K$, что соответствует влажности почвы, несколько меньшей предельной полевой влагоемкости. Другими словами, в зоне оптимальной влажности растения могут отбирать наибольшее количество влаги при небольшом изменении всасывающего давления.

Вводя коэффициент влагоемкости, получаем уравнение одномерного движения почвенной влаги:

$$C\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(k_W \frac{\partial H}{\partial x}\right) - e_K. \qquad (5)$$

Для решения этого уравнения необходимо знать начальное и граничные условия. В качестве начального условия используют исходную эпюру влажности и глубину залегания грунтовых вод, если последняя меньше мощности расчетной толщи L. Граничные условия задаются на поверхности почвы и на глубине L, они позволяют учесть особенности конкретного расчетного случая. Так, на поверхности земли, т. е. при $x = 0$ при поливе затоплением слоем h в почве будет полное влагонасыщение ($\psi = 0$), и поэтому напор

почвенной влаги $H_{x=0}=h_з$. В промежутках между поливами через поверхность почвы будет наблюдаться испарение влаги, интенсивность которого e_f может быть известной. Тогда граничное условие будет иметь вид:

$$k_W \frac{\partial H}{\partial x}\Big|_{x=0} = e_f.$$

На нижней границе условия также могут быть различными. Например, если уровень грунтовых вод находится на глубине L и постоянен во времени, т. е. $h_Г=L$, то $H_{x=L}=-h_Г$, так как на глубине $L\psi=0$. Если на глубине L залегает водоупор, тогда поток влаги в этом сечении должен быть равен нулю:

$$k_W \frac{\partial H}{\partial x}\Big|_{x=L} = 0.$$

В случае, когда глубины грунтовых вод переменны и формируются под действием влагообмена с зоной неполного насыщения и под действием дренажа, $h_Г<L$, а поток влаги через нижнюю границу будет зависеть от размеров дренажа (глубины укладки дрен hg, их диаметра, частоты укладки, водопроницаемости пород). В общем виде интенсивность отвода грунтовых вод дренажем D можно представить так:

$$D = D_0 (h_g - h_Г),$$

где D_0 — интенсивность отвода грунтовых вод (в м/сут с 1 м² площади поля) при действующем напоре — разности между глубиной дрены h_g и глубиной грунтовых вод на междренье $h_Г$, равном 1 м. Величина D_0 зависит от размеров дренажа и водонепроницаемости грунтов.

В этом случае граничное условие на глубине L будет иметь вид:

$$k_W \frac{\partial H}{\partial x}\Big|_{x=0} = D.$$

Дифференциальное уравнение (5) ввиду его сложности обычно решается численным методом с применением быстродействующих ЭВМ. Оно позволяет детально описать изменение влажности в почве, что важно для правильного выбора режимов орошения и осушения, в частности для уменьшения отрицательных последствий переполивов или переосушки и сокращения расходования поливных вод.

Рассмотрим характерные случаи движения почвенной влаги на мелиорируемых землях.

Полевыми исследованиями установлено, что при поверхностных поливах скорость впитывания воды в первые моменты велика, но со временем резко уменьшается. А. Н. Костяков и другие исследователи для определения скорости впитывания предложили зависимость:

$$v_t = At^{-1/2} + k_Ф, \qquad (6)$$

где A — коэффициент, зависящий от водно-физических свойств почвы, глубины грунтовых вод и исходной влажности. Обычно чем суше почва, тем выше скорость впитывания в первые моменты времени. Эта зависимость также показыва-

ет, что при продолжительном впитывании, т. е. при больших t скорость впитывания приближается к величине коэффициента фильтрации $k_ф$.

Зависимость (6) может быть получена и путем решения уравнения (5) при соответствующих граничных условиях. Это решение позволяет определить коэффициент A:

$$A = 0{,}56\,(1 + h_э/h_г)\,h_г\,C^{1/2}\,k_W^{1/2},$$

где $h_э$ — глубина затопления, $h_г$ — глубина грунтовых вод, C — коэффициент влагоемкости, k_W — коэффициент влагопроводности.

Эти коэффициенты, зависящие от водно-физических свойств почвы, определяются по формулам (2), (3), (4). Значение влажности, входящее в эти выражения определяется с учетом исходной $\omega_о$: $\omega = \omega_о + {}^2/_3\,(m - \omega_о)$.

Зависимость скорости впитывания от времени необходима для расчета продолжительности полива или для правильного выбора дождевальных машин, обеспечивающих такую интенсивность дождя, которая в конце полива не превышает скорости впитывания во избежание поверхностного стока, а следовательно, потери воды и размыва почвы.

В промежутках между поливами в почве идет перераспределение влаги в результате отбора влаги корнями растений, просачивания ее вниз или капиллярного подпитывания неглубоко залегающими водами. Последние два процесса формируют влагообмен между почвенным слоем и подстилающими грунтами. Этот влагообмен существенно влияет на процессы почвообразования. Так, при интенсивных нисходящих токах наблюдается промывка почвенных слоев, которая в случае их засоления может быть полезной. Вместе с тем нисходящие токи вымывают питательные вещества, почвенные коллоиды, что снижает плодородие почвы. Интенсивные восходящие токи при неглубоких грунтовых водах, с одной стороны, могут компенсировать недостаток влаги в почве, с другой — при высокой минерализации грунтовых вод могут привести к засолению почвы.

Исследования показали, что при глубоких грунтовых водах и при поддержании в корнеобитаемой зоне оптимальной влажности, для большей части сельскохозяйственных культур составляющей 0,8 ППВ в среднем за вегетацию, наблюдаются нисходящие токи почвенной влаги. Это приводит к некоторым потерям поливных вод, составляющим за весь вегетационный период 10—15 % суммарного испарения (расходования влаги на транспирацию и физическое испарение). За счет нисходящих токов пополняется запас грунтовых вод, что при недостаточной дренированности земель вызывает подъем их уровня и может привести к заболачиванию и засолению почв. При нарушении режима поливов (несоблюдение поливных норм и сроков поливов) указанные потери могут увеличиваться.

Если на поливаемых землях с помощью дренажа удается поддерживать грунтовые воды на глубине примерно равной высоте капиллярной каймы, то нисходящие и восходящие токи в сумме за вегетацию компенсируются. После поливов часть влаги поступает

в грунтовые воды, а в промежутках между поливами капиллярными силами она поднимается вверх и расходуется растениями. При меньших глубинах залегания грунтовых вод наблюдается превышение восходящих токов над нисходящими. Это отмечается при условии подпитывания грунтовых вод со стороны.

§ 16. Водный баланс почвы

Водным балансом почвы называется количественное выражение совокупности всех видов поступления влаги в почву, ее расходования и изменения влагозапасов. Баланс почвенной влаги составляется для определенного слоя почвы за определенный промежуток времени. Чаще всего он составляется для одного гектара и выражается в $м^3$/га или в мм слоя воды.

Баланс влаги представляется в виде уравнения, в котором изменения влагозапасов приравниваются к разности между приходными и расходными составляющими.

Основные приходные составляющие следующие: атмосферные осадки (O_c), приток поверхностных вод со стороны ($П$), капиллярное подпитывание со стороны грунтовых вод ($Г$), конденсация парообразной влаги, поступающей из атмосферы ($К$), поступление поливных вод ($М$). Основные расходные составляющие: сток поверхностных вод за пределы балансовой площади ($С$), испарение с поверхности почвы ($E_ф$), отбор влаги растениями на транспирацию ($E_т$), просачивание части влаги в глубжезалегающие слои ($В$).

В этих составляющих не учитывается горизонтальный приток и отток почвенной влаги, имеющий сравнительно небольшую величину. С учетом принятых обозначений уравнение водного баланса имеет следующий вид:

$$\Delta W = O_c + П + Г + К + М - С - E_ф - E_т - В,$$

где $\Delta W = W_к - W_н$, т. е. накопление запасов влаги в определенном слое почвы за определенный промежуток времени, равный разности между конечными $W_к$ и начальными запасами $W_н$.

На орошаемых землях при правильно организованных поливах отсутствует приток поверхностных вод со стороны и сток поливных вод, мало поступает влаги в результате конденсации. Если обозначить $E_с = E_ф + E_т$, что равно суммарному расходованию влаги на испарение; $Г - В = g$, что представляет собой суммарный влагообмен между почвенным слоем и его подстилающими слоями, то из уравнения баланса можно получить выражение для определения потребности в поливной воде за вегетацию (оросительной нормы): $М = E_с - O_с - g + \Delta W$.

Балансовые расчеты и исследования имеют большое значение при изучении водного режима почв и назначении мероприятий для его улучшения. Количественный анализ составляющих баланса позволяет выявить его основные приходные или расходные статьи. При избыточном увлажнении, например, это дает возможность наметить правильные методы осушения.

Балансовые расчеты позволяют установить потребность в орошении, как это было показано выше, определить роль грунтовых вод в формировании влажности почвы или установить степень промываемости почвы. Уравнения водного баланса используют для прогноза изменения водного режима почвы при изменении внешних условий (орошение, осушение и т. д.).

Баланс влаги можно составлять для разных периодов, например за время исследований водного режима в полевых условиях, за конкретный вегетационный период, за год. Для обобщенной оценки водного режима местности баланс можно составлять за многолетний период. В этом случае используют средние многолетние данные об атмосферных осадках, испарении и других составляющих баланса. Можно допустить, что в среднем за год в почвенном слое не происходит изменений в содержании влаги ($\Delta W=0$).

При организации воднобалансовых исследований необходимы наблюдения за всеми его составляющими. В этом случае невязка баланса позволяет определить точность исследований. Иногда практикуемое определение одной составляющей из уравнения баланса может привести к значительным погрешностям, так как ошибки измерений всех составляющих накладываются на неизвестную составляющую баланса.

§ 17. Водный режим почв

Водный режим почвы — обобщенная характеристика совокупности всех явлений поступления влаги в почву, ее передвижения, изменения физического состояния и расходования. Факторами водного режима являются инфильтрация влаги в почву, конденсация, испарение, отбор влаги корнями растений, просачивание влаги в глубокие залегающие слои, капиллярное подпитывание, замерзание и оттаивание, сорбция влаги твердой фазой и др. Количественно водный режим характеризуется уравнением водного баланса и уравнением передвижения влаги. Следует отличать режим влажности почвы, характеризующий изменение влажности во времени, который является функцией водного режима почвы.

Водный режим — один из основных факторов почвообразования. От него зависят многие свойства почвы, в том числе и главное — плодородие. Водный режим во многом определяет воздушный, тепловой, питательный режимы почвы, поэтому, улучшая его с помощью гидромелиораций, можно улучшать и эти режимы.

Различные соотношения элементов водного режима обусловливают различные типы водного режима. Для их выявления используют наиболее общие показатели водного режима, которые сводятся к сравнению двух основных факторов — атмосферных осадков как главной приходной составляющей и суммарного испарения как главной расходной составляющей баланса. Суммарное испарение ($E_c=E_ф+E_т$) приравнивают к более просто определяемой испаряемости с водной поверхности E_0, данные о которой имеются на метеостанциях. Г. Н. Высоцкий для характеристики типов водного

режима предложил использовать коэффициент увлажнения:

$$K_{увл} = \frac{O_c}{E_0},$$

где O_c — среднемноголетнее годовое количество осадков; E_0 — среднемноголетнее годовое испарение с водной поверхности.

Имеются и другие показатели водного режима, предложенные М. И. Будыко, Г. Т. Селяниновым и другими, которые основаны на том же принципе.

Величина коэффициента увлажнения может быть больше единицы, что свидетельствует о преобладании осадков над испарением. Это приводит к переувлажнению и заболачиванию почв или к сильной их промываемости при хорошем оттоке грунтовых вод. При $K_{увл} < 1$ атмосферных осадков не хватает для полного обеспечения растений во влаге, наблюдается иссушение почв или значительное расходование на испарение грунтовых вод, залегающих на небольшой глубине.

Г. Н. Высоцкий, а затем А. А. Роде предложили выделять следующие типы водного режима:

1) мерзлотный — характерен для зоны с многолетней мерзлотой. В этой зоне большая часть осадков выпадает в виде снега; летом почва оттаивает на небольшую глубину. Мерзлые грунты образуют водонепроницаемый слой, над которым формируется верховодка. Почвы летом переувлажнены, наблюдаются процессы заболачивания, торфообразования, оглеения. Образуются слаборазвитые торфяно-глеевые или подзолисто-глеевые почвы;

2) промывной, когда $K_{увл} > 1{,}3$. Наблюдается сквозное промачивание и промывание почвенного профиля, при недостаточном оттоке грунтовых вод происходит заболачивание. В северной и центральной таежных зонах образуются подзолистые почвы, в пониженных местах — торфяные, в зоне влажных субтропиков — желтоземы, красноземы. В мелиорации зона с промывным водным режимом называется зоной избыточного увлажнения, там необходимы осушительные мелиорации;

3) периодически промывной, когда $K_{увл} \cong 1$; характерно неежегодное сквозное промачивание. Такой водный режим наблюдается в лесостепной зоне с серыми лесными почвами и с деградированными черноземами. В мелиорации эта зона называется зоной неустойчивого увлажнения;

4) непромывной, когда $K_{увл} = 1—0{,}7$; глубина промачивания составляет 1—2 м, в глубине залегают слои с низкой влажностью. К осени почва иссушается, влажность может уменьшаться до влажности завядания. Это степная зона с черноземными и каштановыми почвами; устойчивые урожаи можно получить только при орошении;

5) выпотной, когда $K_{увл} < 0{,}7$. Это зона сухих степей и полупустынь, где формируются бурые почвы и сероземы. При близких грунтовых водах наблюдается значительное их расходование на испарение, что часто приводит к засолению почв. Земледелие в

этой зоне без орошения практически невозможно, там необходим дренаж для борьбы с засолением почв;

6) пойменный, когда почвы, помимо увлажнения атмосферными осадками, получают мощную влагозарядку и промывку в период затопления при разливах рек. В зависимости от продолжительности затопления и степени дренированности в этой зоне формируются различные почвы — от аллювиально-дерновых до болотных.

Типы водного режима дают обобщенную среднемноголетнюю характеристику влагооборота в почве. В отдельные годы и периоды года водный режим может отличаться от среднемноголетнего. На него влияют и местные условия (геоморфологические, гидрогеологические), что необходимо учитывать при характеристике водного режима и применении мероприятий по его улучшению.

Глава V
ВОЗДУШНЫЕ СВОЙСТВА И ВОЗДУШНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ

§ 18. Состав и количество почвенного воздуха

Почвенный воздух — незаменимый фактор жизни растений, микроорганизмов, активный участник почвообразования. Воздух в почве представлен свободным (заполняющим поры, не занятые влагой), адсорбированным твердой фазой и растворенным в почвенной влаге.

Состав почвенного воздуха отличен от атмосферного, непостоянен во времени и по глубине почвенного профиля. Отличия почвенного воздуха от атмосферного объясняются действием биохимических процессов, жизнедеятельностью растений и микроорганизмов.

Почвенный воздух, как и атмосферный, примерно на 80 % состоит из азота, но содержание кислорода и углекислого газа в нем может меняться в широких пределах. В верхних рыхлых слоях почвы содержание кислорода приближается к его содержанию в атмосфере (до 20 %); в слоях же с затрудненным газообменом оно значительно уменьшается в результате потребления растениями и микроорганизмами. Содержание углекислого газа в почвенном воздухе всегда больше, чем в атмосфере, вследствие выделения его корнями растений и микроорганизмами и может достигать в глубоких горизонтах 15—20 %, тогда как в атмосфере его имеется лишь 0,03 %. В воздухе заболоченных почв заметно содержание NH_3, CH_4, H_2, H_2S.

Почвенный воздух характеризуется повышенной влажностью — относительная влажность его близка к 100 %. В нем присутствуют летучие органические соединения: углеводороды, спирты, сложные альдегиды, являющиеся продуктами жизнедеятельности микроорганизмов. Содержание азота в почвенном воздухе также может несколько изменяться в результате связывания его азотфиксирующими микроорганизмами и клубеньковыми бактериями или денитрификации органических веществ. Таким образом, состав

почвенного воздуха зависит от двух факторов — газообмена с атмосферой и жизнедеятельности растений и микроорганизмов.

Количество почвенного воздуха в основном зависит от влажности почвы. Адсорбированный воздух имеется в небольших количествах только в сухих почвах. Содержание воздуха в почвенной влаге переменно и уменьшается с повышением температуры. В свежей, хорошо аэрированной воде при температуре 20 °С содержание кислорода в верхнем (0—30 см) слое почвы при нормальной влажности может быть достаточным для обеспечения им растений в течение 1 ч. Однако в переувлажненных почвах при постоянном притоке богатой кислородом воды растения могут до некоторой степени удовлетворять свои потребности в кислороде.

Основные запасы почвенного воздуха представлены свободным, т. е. заполняющим поры почвы, не занятые влагой. Поэтому обеспеченность почвы воздухом можно регулировать, изменяя ее влажность.

§ 19. Передвижение воздуха в почве

Движение почвенного воздуха обеспечивает газообмен почвы с атмосферой, выравнивает его состав по глубине, пополняет запасы кислорода в почве. Оно может быть активным, вызванным градиентами давления, температуры или концентрации, и пассивным — при изменении влажности, колебании поверхности грунтовых вод и т. д.

Температура и барометрическое давление почвенного воздуха по сравнению с атмосферным изменяется медленнее. В связи с этим образуются градиенты температуры и давления, под действием которых возможен выход почвенного воздуха в атмосферу и, наоборот, насыщение почвы атмосферным воздухом. Интенсивность этого газообмена зависит также от плотности и влажности почвы, а следовательно, и от ее воздухопроводности. При влажности верхних слоев, близкой к предельной полевой влагоемкости, газообмен резко замедляется.

Диффузия почвенного воздуха возникает из-за разного состава почвенного и атмосферного воздуха — разного парциального давления кислорода и углекислого газа. Под влиянием диффузии наблюдается обогащение почвенного воздуха кислородом и выделение углекислого газа в атмосферу.

Скорость диффузии газа в свободной атмосфере подчиняется следующему закону:

$$v = -D_0 \frac{\partial c}{\partial x},$$

где v — поток газа (в см²/с через сечение, равное 1 см²); D_0 — коэффициент диффузии газа в воздухе (в см²/с); c — объемная концентрация данного газа (в см³/см³).

Скорость диффузии зависит от температуры (T) и давления воздуха (P), что находит отражение в величине коэффициента

диффузии:

$$D_{T,P} = D_0 \left(\frac{T}{T_0}\right)^m \left(\frac{P}{P_0}\right),$$

где D_0 — коэффициент диффузии при температуре воздуха (T_0) 273 °К и атмосферном давлении (P_0); m — показатель степени, зависящей от природы газа.

Так, для углекислого газа $D_0 = 0{,}138$ см²/с, $m = 2$; для кислорода $D_0 = 0{,}178$ см²/с, $m = 1{,}75$. В почве коэффициент диффузии газов $D_п$ в несколько раз меньше. Его значения уменьшаются с увеличением плотности почвы, объемной массы и влажности. В таблице 7 приведены результаты измерений коэффициента диффузии углекислого газа для различных почв, которые иллюстрируют эту зависимость.

7. **Коэффициент диффузии CO_2 в различных почвах** (по Н. П. Поясову)

Почва	Плотность почвы (в г/см³)	Объемная влажность	Объем свободных пор	t °С	$D_п$ (в см²/с)	$\frac{D_п}{D_0}$
Обыкновенный глинистый чернозем	0,85	0,06	0,61	21	0,0473	0,294
	0,85	0,15	0,52	21	0,0352	0,218
	0,85	0,24	0,43	21	0,0261	0,162
	0,85	0,31	0,37	21	0,0203	0,127
	0,85	0,36	0,31	20	0,0172	0,107
	0,85	0,40	0,27	20	0,0160	0,100
Дерново-слабоподзолистая тяжелосуглинистая	1,46	0,19	0,27	17	0,0123	0,078
	1,46	0,22	0,24	18	0,0117	0,074
	1,46	0,25	0,21	19	0,0106	0,067
Дерново-подзолистая тяжелосуглинистая	1,30	0,05	0,44	22	0,0230	0,142
	1,30	0,09	0,40	21	0,0182	0,117
	1,30	0,13	0,36	19	0,0148	0,093
	1,30	0,22	0,27	19	0,0076	0,048
	1,13	0,50	0,07	21	0,0012	0,008

Изменение состава почвенного воздуха может наблюдаться при увлажнении почвы атмосферными осадками или при поливах. Впитывающая влага приносит с собой растворенные газы. Она же вытесняет почвенный воздух в более глубокие слои, что способствует поступлению атмосферного воздуха в верхние слои по окончании впитывания.

«Проветривание» почвы наблюдается и при колебании уровня грунтовых вод. При их подъеме почвенный воздух вытесняется в атмосферу, а при опускании происходит засасывание атмосферного воздуха в почву. Ветер несколько увеличивает скорость газообмена между оголенной разрыхленной почвой и атмосферой.

§ 20. Влияние состава почвенного воздуха на свойства почвы

От состава почвенного воздуха зависит окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) почвы, характеризующий интенсив-

ность и направление окислительных и восстановительных процессов. Измеряется ОВП в милливольтах как обратимый потенциал платинового или другого индифферентного электрода, помещенного во влажную почву. В хорошо аэрированных, богатых кислородом почвах ОВП лежит в пределах 300—600 мВ, в заболоченных или переувлажненных оглеенных почвах он снижается до 200 мВ. Окислительно-восстановительный потенциал прямо пропорционально зависит от pH почвенного раствора.

Окислительные процессы в почве идут при наличии кислорода в почвенном воздухе или растворенном в его влаге. Необратимые окислительные процессы связаны с разложением органических веществ (окисление аминокислот, белков, сахаров, смолистых и дубильных веществ). К обратимым относятся реакции окисления и восстановления железа, марганца, серы.

Преобладание окислительных процессов (ОВП $>$ 500 мВ) приводит к глубокому разложению органических остатков, гумус в почве не накапливается, образуются светлые почвы, обогащенные минеральными солями. Это наблюдается в иссушенных почвах, например в сероземах. Преобладание восстановительных процессов (ОВП $<$ 200 мВ) тормозит разложение органики, идут процессы торфообразования, оглеения. Запасы питательных элементов в доступной для растений форме малы, образуются токсичные для растений закисные соединения.

Неблагоприятна также резкая смена окислительных и восстановительных процессов, наблюдаемая на почвах с длительным переувлажнением и иссушением (подзолистые почвы, солонцеватые, осолоделые, почвы под рисом).

Оптимальное сочетание окислительных и восстановительных процессов отмечается на почвах с благоприятным водным и воздушным режимами — значение ОВП лежит в пределах 350—500 мВ, образуются богатые гумусом почвы (черноземы) с благоприятными физико-химическими свойствами.

Таким образом, динамика ОВП, функционально связанная с составом почвенного воздуха, отражает направленность почвообразовательных процессов. Она позволяет также правильно намечать мероприятия по улучшению почв.

Глава VI
ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА И ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ПОЧВ

§ 21. Влияние температуры на почвообразование, условия жизни растений и микроорганизмов

Практически все физические, физико-химические и биологические процессы в почве зависят от ее температуры. С повышением температуры увеличивается растворимость солей, интенсивнее идут химические реакции и процессы выветривания, чему способствует также периодическое замерзание и оттаивание почвы. От температуры зависит подвижность почвенной влаги и воздуха. Так,

с увеличением температуры воды от 0° до 20 °С вязкость воды уменьшается в 1,8 раза. Градиент температуры в почве — одна из причин передвижения влаги и воздуха. С ростом температуры увеличивается испарение почвенной влаги.

Температура почвы оказывает большое влияние на жизнедеятельность микроорганизмов и связанные с ней биохимические процессы: разложение органического вещества, аммонификацию, нитрификацию и т. д. Для большей части почвенных микроорганизмов оптимальной является температура 25—30 °С.

Условия жизни растений также зависят от температуры. Значение оптимальных температур изменяется по фазам развития растений, зависит и от вида растений. Растения чувствительны как к высоким, так и к низким температурам. Прорастание семян сельскохозяйственных культур начинается при температуре выше 0 °С (зерновые), семена подсолнечника, картофель начинают прорастать при температуре выше 5—6 °С, а кукуруза — выше 8—10 °С.

Урожайность сельскохозяйственных культур зависит также от средневегетационной температуры. Так, для картофеля оптимальной является температура 18 °С, при снижении ее до 15 °С урожайность уменьшается на 25 %, а при средней за вегетацию температуре 28 °С она уменьшается на 55 %.

Сказанное свидетельствует о необходимости регулирования теплового режима почвы; установление оптимальной температуры является задачей тепловой мелиорации почв.

§ 22. Источники тепла в почве, тепловой баланс

Основным источником тепла в почве является солнечная радиация, которая существенно трансформируется на поверхности почвы.

Коротковолновая солнечная радиация I дает поток тепла у поверхности земли, равный примерно 2 кал/см^2/мин на поверхность, перпендикулярную солнечным лучам. Поступление тепла на деятельную поверхность (поверхность почвы) зависит от географического положения, времени года и часа суток, а также от рельефа (крутизны и экспозиции склонов) и может быть оценено прямыми измерениями или расчетами.

Почва отражает часть коротковолновой радиации. Отношение $J_{от}/J=\alpha_s$ называется альбедо и зависит от вида и окраски поверхности. Так, для снежного покрова $\alpha_s=0{,}88$—$0{,}91$, для травяного покрова — 0,26, сухого серозема — 0,25—0,30, влажного серозема — 0,10—0,12, для влажного чернозема — 0,08. Следовательно, изменение вида поверхности и ее окраски существенно изменяет приток тепла в почву. С учетом альбедо в почву поступает поток тепла, вызванный коротковолновой радиацией, равной $J_n=J(1-\alpha_s)$.

Почва, как всякое нагретое тело, излучает тепло в длинноволновой части спектра:

$$J_з=\beta\sigma T^4,$$

где β — отношение излучения почвой к излучению абсолютно черным телом (оно равно 0,9—0,95); σ — постоянная излучения абсолютно черного тела; T — абсолютная температура.

Имеется также встречное длинноволновое излучение атмосферы J_a, зависящее от ее влажности и облачности.

В сумме приток тепла R в почву равен $J(1-\alpha_s)-J_y+J_a$ и называется радиационным балансом. Его величина измеряется специальными приборами — балансометрами. Суточный ход радиационного баланса зависит от времени, он максимален в полдень и минимален в полночь, на его величине сильно сказывается облачность и состояние поверхности, в том числе и растительный покров. В течение года радиационный баланс также сильно изменяется, достигая 7—8 ккал/см^2/мес летом и становится отрицательным зимой, уменьшаясь до 1—2 ккал/см^2/мес.

В почве имеются также и другие источники тепла: приток тепла из глубинных слоев земли; выделение тепла при фазовых переходах (при замерзании воды, при конденсации водяных паров); выделение тепла в результате экзотермических химических и биохимических реакций, а также при сорбции влаги твердой фазой почвы.

Все указанные источники малы по сравнению с солнечной радиацией, хотя в отдельных случаях они могут кратковременно повышать температуру почвы, например при увлажнении сухой почвы, когда выделяется много теплоты смачивания.

Расходование тепла в почве идет при эндотермических химических и биохимических реакциях, часть тепла теряется при конвективном теплообмене с атмосферой. Главной расходной статьей является потеря тепла на испарение, а весной — на оттаивание мерзлого слоя почвы.

С учетом основных источников и расходных факторов можно составить тепловой баланс определенного слоя почвы:

$$\Delta C = R - LE_c \pm B \pm P,$$

где ΔC — изменение теплосодержания рассматриваемого объема почвы; R — радиационный баланс; LE_c — расходование тепла на суммарное испарение; L — теплота парообразования, B — теплообмен балансового слоя почвы с подстилающими слоями, возможны восходящие и нисходящие потоки тепла в зависимости от разности температур; P — конвективный обмен почвы с приземными слоями атмосферы.

Уравнение теплового баланса позволяет количественно оценить главные приходные и расходные составляющие, тем самым выявить возможности улучшения теплового режима почвы.

С помощью уравнения теплового баланса можно определить суммарное испарение полем, занятым определенной сельскохозяйственной культурой:

$$E_c = \frac{1}{L}(R \pm B \pm P - \Delta C).$$

§ 23. Тепловые свойства почвы

Температура почвы зависит не только от количества поступающего или расходуемого тепла, но и от ее тепловых свойств, к которым относят теплоемкость и теплопроводность.

Теплоемкость почвы характеризуется количеством тепла, необходимым для изменения температуры 1 г почвы (удельная теплоемкость) или 1 см^3 (объемная теплоемкость) на 1 °С. Зависит она от состава почвы (соотношения твердой, жидкой и газообразных фаз), а также от количества органического вещества. Удельная теплоемкость минеральной части почвы равна примерно 0,18, гумуса — 0,3, воды — 1, воздуха — 0,0003 кал/г·град. Поэтому коэффициент теплоемкости почвы существенно зависит от ее влажности (рис. 16). Чем влажнее почва, тем больше тепла надо подвести или отвести для изменения ее температуры. Поэтому влажные почвы имеют более стабильный температурный режим; они несколько холоднее, чем сухие.

Теплопроводность почвы характеризуется коэффициентом теплопроводности — потоком тепла в 1 с, формирующимся через 1 см^2 поверхности почвы при разности температур 1 °С на длине 1 см (кал/см·с·град).

Коэффициент теплопроводности почвы также зависит от ее состава. Так, теплопроводность почвенного воздуха составляет 0,00006, органического вещества, торфа — 0,00027, воды — 0,0014, льда — 0,0057, кварца — 0,0024, гранита — 0,0082 кал/см·с·град.

Теплопроводность почвы уменьшается по мере раздробленности

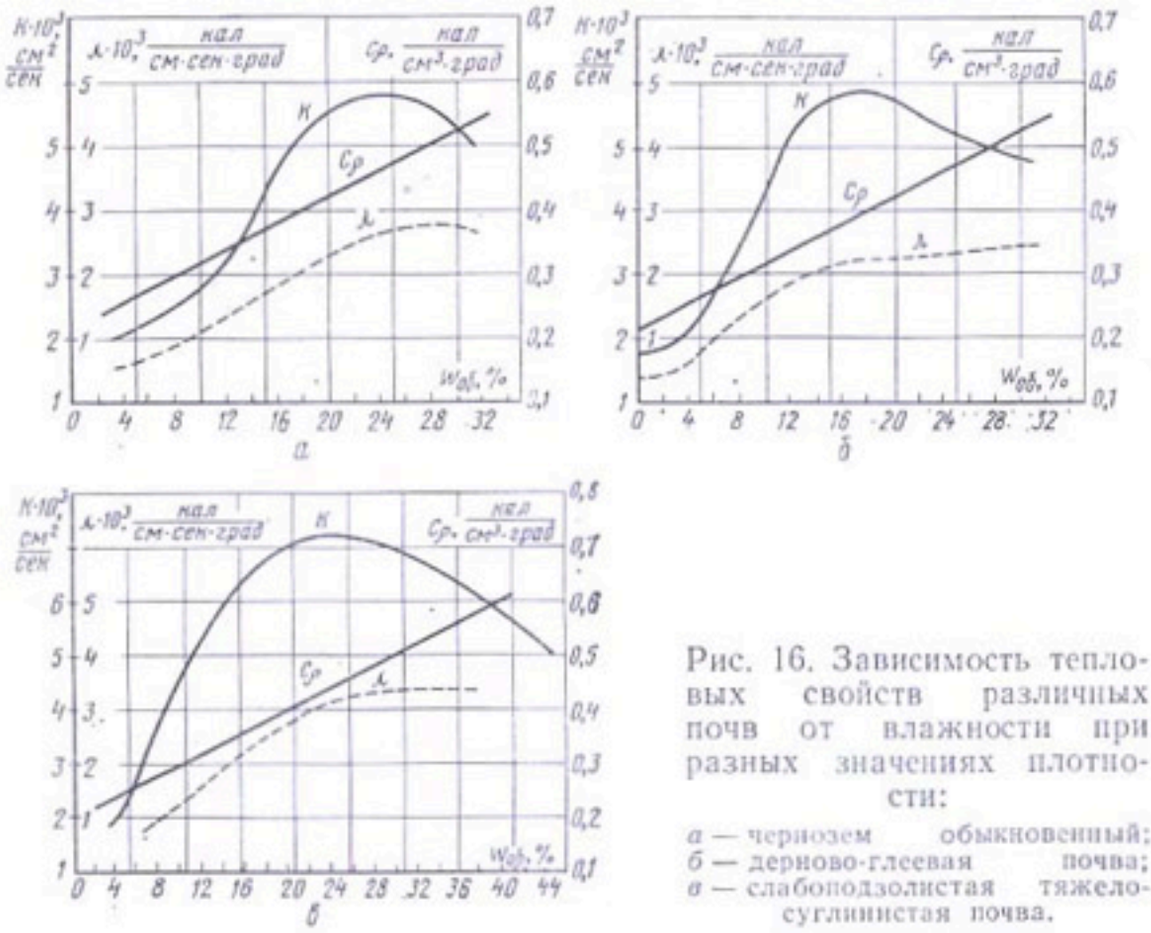


Рис. 16. Зависимость тепловых свойств различных почв от влажности при разных значениях плотности:

а — чернозем обыкновенный;
б — дерново-глеевая почва;
в — слабоподзолистая тяжелосуглинистая почва.

твердой фазы из-за уменьшения контактов между элементарными частицами. Теплопроводность резко увеличивается при увлажнении сухих почв, медленнее — при высокой влажности.

Коэффициент теплопроводности несколько увеличивается при повышении температуры почвы в результате усиления конвективной передачи тепла движущейся водой, передвигающейся в зону с низкими температурами.

Наиболее теплопроводны песчаные почвы. Они быстрее нагреваются и охлаждаются при изменении радиационного баланса. Наименее теплопроводны торфяные почвы, особенно иссушенные слои, являющиеся хорошим теплоизолятором.

Теплопроводность почвы можно изменять: уменьшать рыхлением и увеличивать уплотнением.

При расчете передвижения влаги в почве используют коэффициент температуропроводности k, являющийся функцией коэффициента теплопроводности λ и объемной теплоемкости C: $k=\lambda/C$ в см²/с. Коэффициент температуропроводности характеризует степень изменчивости температуры почвы, он имеет максимум при определенной влажности (рис. 16).

§ 24. Тепловой режим почв

Баланс тепла и тепловые свойства формируют тепловой режим почвы, т. е. совокупность явлений поступления, расходования тепла и его переноса. Следствием теплового режима является температурный режим (изменение температуры почв по глубине и во времени). Температурный режим можно рассчитать, используя основной закон переноса тепла в почве:

$$q_x = -\lambda_W \frac{\partial \theta}{\partial x} - K_{W\theta} \frac{\partial \omega}{\partial x},$$

где q_x — составляющая потока тепла по оси x; λ_W — коэффициент теплопроводности почвы, зависящий от ее влажности; θ — температура почвы в точке x; $K_{W\theta}$ — коэффициент конвективного переноса тепла движущейся влагой в почве.

Этот закон описывает два основных механизма передачи тепла: кондуктивный — от более нагретой почвы к менее нагретой (первое слагаемое в правой части) и конвективный перенос тепла движущейся влагой (второе слагаемое).

Используя этот закон, а также уравнение баланса тепла в элементарном слое, можно получить уравнение температурного режима почвы:

$$C_W \frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda_W \frac{\partial \theta}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial x}\left(K_{W\theta} \frac{\partial \omega}{\partial x}\right),$$

где C_W — объемная теплоемкость почвы, зависящая от ее влажности.

Так как тепловые свойства и температура почвы зависят от ее влажности, изменяющейся как по глубине, так и во времени, то это уравнение обычно решают совместно с уравнением передвижения влаги (5), приведенным на странице 76, при соответствующих начальных и граничных условиях.

Температура в почве изменяется в основном в связи с изменением радиационного потока тепла. Последний имеет периодические суточные и сезонные колебания. Поэтому в почве прослеживаются аналогичные колебания температуры, амплитуда которых уменьшается с глубиной, а также наблюдается сдвиг во времени экстремальных величин температуры.

Суточные колебания распространяются на сравнительно небольшую глубину, не превышающую 0,5—1 м. На них оказывает большое влияние режим влажности. Так, поливы существенно уменьшают амплитуду колебаний температуры в зоне с жарким климатом (рис. 17).

Сезонные колебания распространяются на большую глубину, достигающую нескольких метров и десятков метров (рис. 18).

На землях с неглубоким залеганием поверхности грунтовых вод глубина распространения сезонных колебаний температуры резко уменьшается.

На температурном режиме сильно сказывается состояние поверхности почвы (оголенная, с растительным покровом, снежный покров).

В избыточно увлажненной зоне наиболее холодными являются торфяные болотные почвы, что объясняется их высокой влажностью и теплоемкостью. После осушения эти почвы становятся теплее, но увеличивается амплитуда суточных колебаний температуры из-за иссушения самого верхнего слоя торфа. Днем поверхность таких почв сильно нагревается, а ночью охлаждается. Ночные заморозки на таких почвах прекращаются весной гораздо позже, чем на соседних минеральных почвах, и начинаются раньше осенью.

Температура почвы увеличивается на территории СССР с севера на юг. Так, на глубине 5 см температура почвы в мае на севере европейской части составляет 4 °С, на юге — до 26 °С. Максимальная температура на этой глубине наблюдается в июле и составляет на севере европейской части 10—12 °С, на юге — до 27 °С, а на юге Средней Азии — до 36—38 °С.

Промерзание почвы начинается при температуре несколько ниже 0 °С из-за наличия в почвенной влаге растворенных веществ, снижающих температуру ее замерзания. Промерзание существенно сказывается на почвообразовании, сокращает вегетационный период растений и инфильтрацию атмосферных осадков. Снежный покров способствует уменьшению глубины промерзания. Наибольшая глубина промерзания в одной и той же местности зависит от механического состава почвы и ее влажности. Глинистые влажные почвы промерзают на меньшую глубину, чем песчаные сухие. Торфяно-болотные почвы промерзают еще меньше (в Московской области, например, только на 50—70 см).

Скорость оттаивания также зависит от свойств почв. Обычно она пропорциональна максимальной глубине промерзания: интенсивнее оттаивают песчаные, затем глинистые и торфяные почвы.

В районах, где средняя годовая температура воздуха отрица-

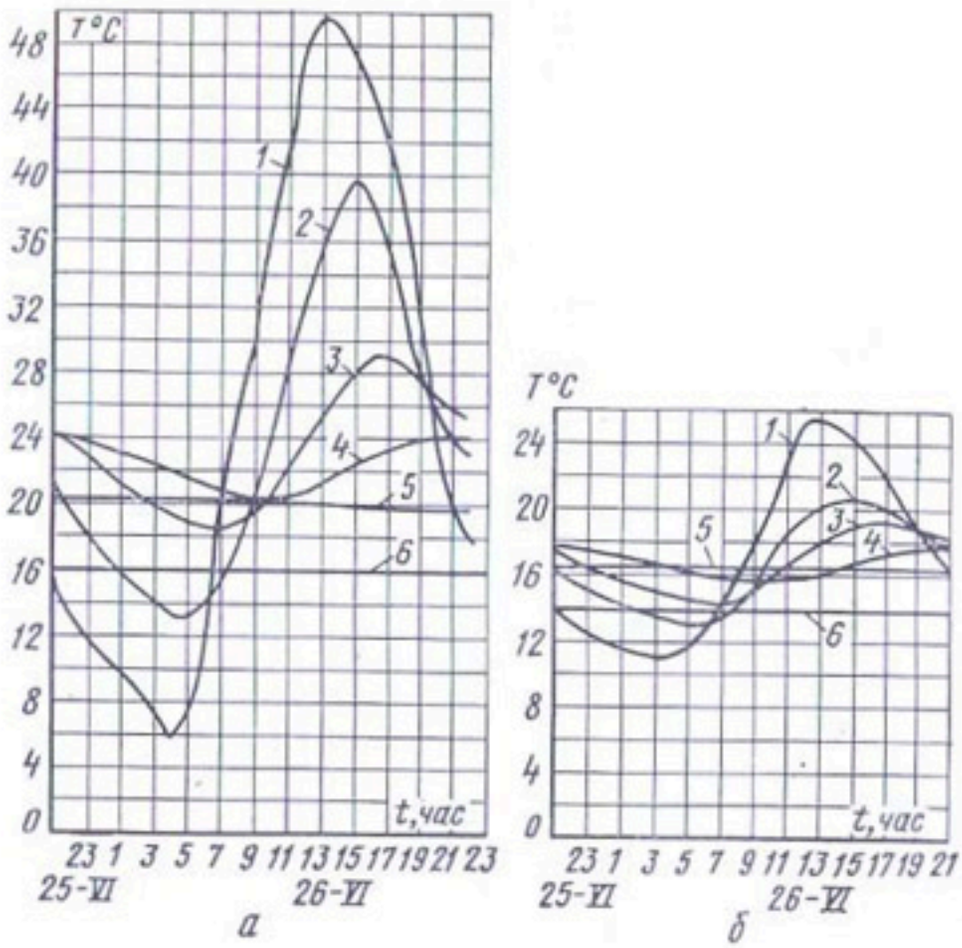


Рис. 17. Суточный ход температуры на различных глубинах:
а — неорошаемое поле; *б* — орошаемое (дождевание); *1* — поверхность; *2* — глубина 5 см; *3* — 10 см; *4* — 20 см; *5* — 50 см; *6* — 100 см.

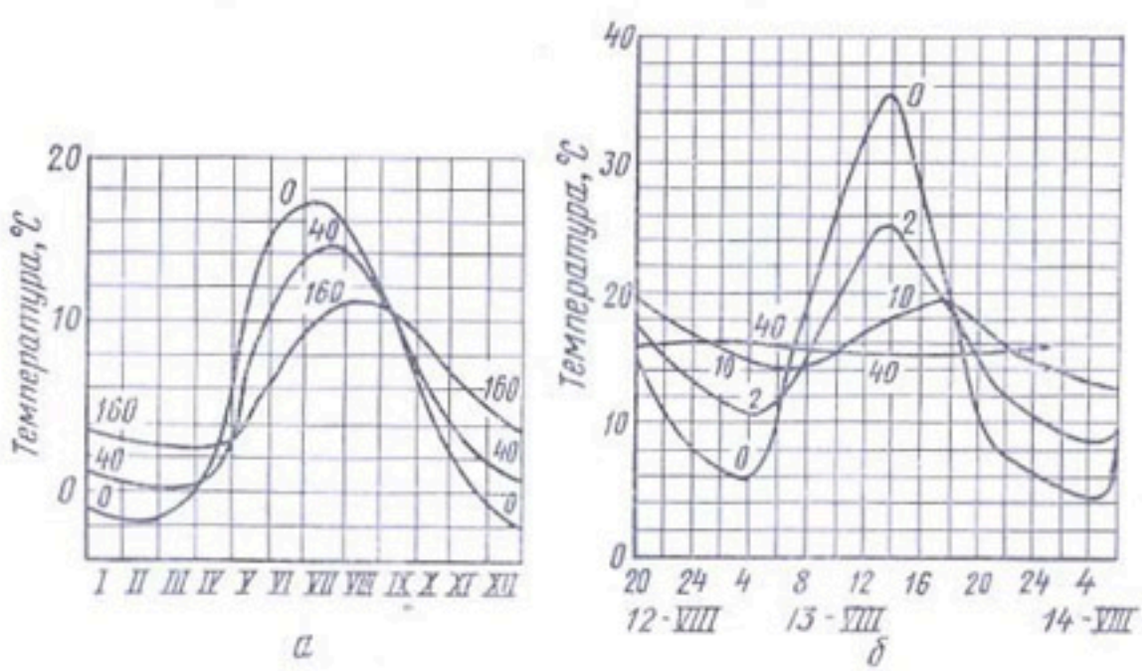


Рис. 18. Кривые температуры почвы на различных глубинах (цифры на кривых — глубина 6 см):
а — в течение года; *б* — в течение суток.

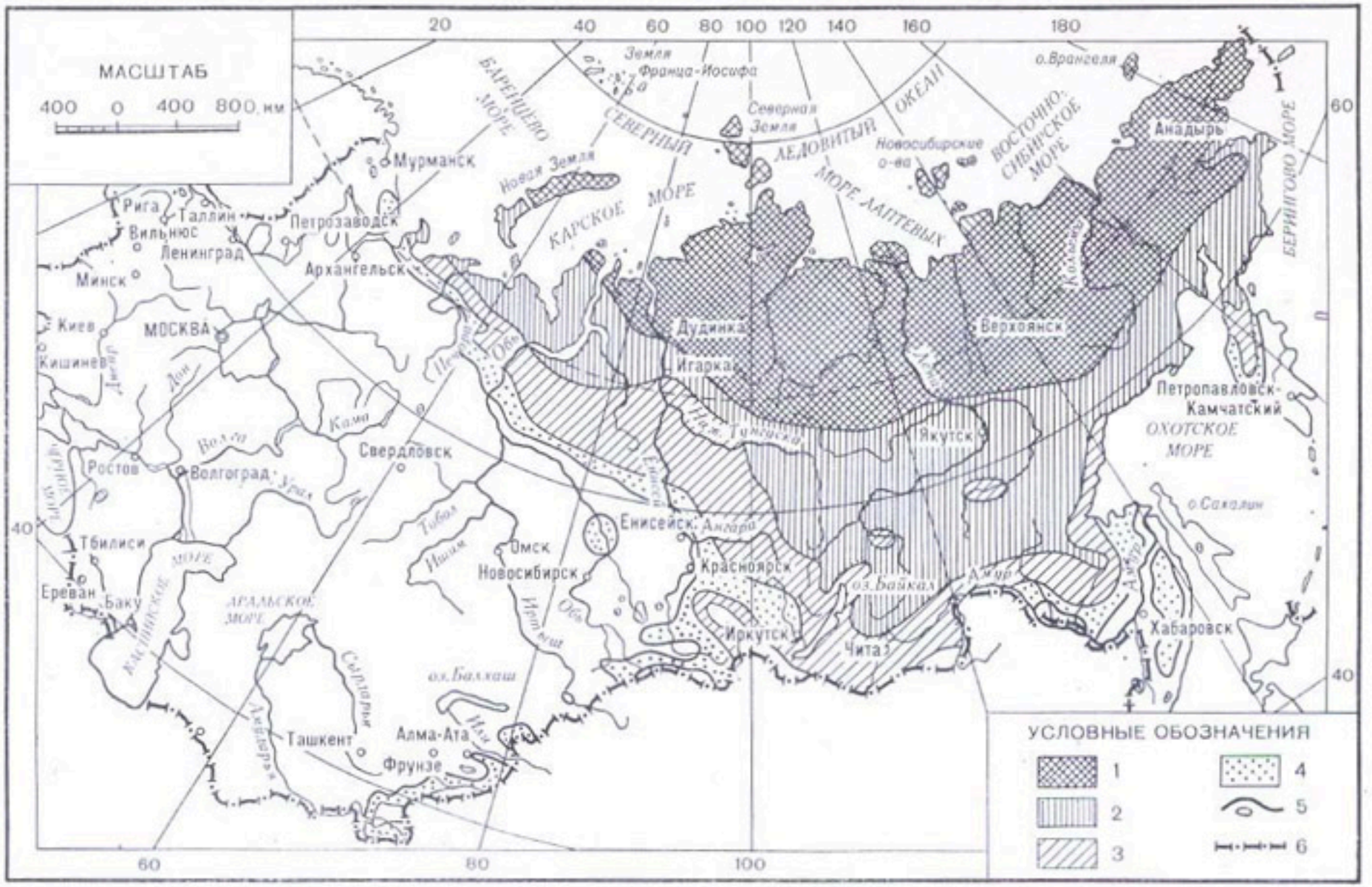


Рис. 19. Область постоянной мерзлоты в СССР на глубине 20—15 см:

1 — ниже —5° (сплошная мерзлота); *2* — от 5 до 1,5° (мерзлота с таликами); *3* — выше —1,5° (с преобладанием таликов); *4* — около 0° (островной характер); *5* — граница области и островов мерзлоты; *6* — государственные границы СССР.

тельная, образуется многолетняя мерзлота. В СССР эта зона составляет около 40 % всей площади и размещается на северо-востоке европейской части и на севере азиатской части (рис. 19).

В зоне с многолетней мерзлотой формируются слаборазвитые маломощные надмерзлотные почвы, часто переувлажненные. Летом они оттаивают на небольшую глубину от 40—50 см на крайнем севере до 1—2 м на юге зоны.

§ 25. Тепловые мелиорации почв

Задача тепловых мелиораций почв — изменение ее температурного режима с целью приведения его к оптимальному для развития сельскохозяйственных растений.

Тепловые мелиорации осуществляются двумя путями: изменением структуры теплового баланса (усилением или ослаблением притока тепла или его расходования) и изменением теплофизических свойств почв. Многие мероприятия по улучшению температурного режима обычно сказываются на обоих этих факторах.

Выше уже отмечалось, что изменение водного режима сказывается и на температурном режиме. Так, орошение приводит к снижению температуры почвы; особенно оно важно для предохранения почвы от перегрева. Осушение в целом приводит к повышению температуры почвы.

Агротехнические мероприятия также сказываются на температурном режиме. Например, рыхление способствует снижению дневных температур и повышению — в ночное время; уплотнение оказывает обратное действие. Вспаханная почва лучше прогревается по сравнению с невспаханной. В северных районах на холодных почвах применяют гребневание поверхности, посев культур на грядках. При гребневании поверхность почвы увеличивается по сравнению с выровненной, что способствует увеличению поглощения лучистой энергии.

Снежный покров предохраняет озимые культуры от вымерзания, уменьшает глубину промерзания. Поэтому применяют мероприятия по его сохранению и увеличению: кулисные посевы высокостебельных культур, стерня, лесополосы, снегозадержание зимой. Используют также технические приемы: изменение окраски поверхности, специальные покрытия, затенение. Из этих мероприятий больше распространено мульчирование поверхности почвы — покрытие ее различными материалами: торфяной крошкой, соломой, листьями, навозом, древесными опилками, мелом, песком, специальной бумагой, полимерной пленкой и др.

Мульчирование изменяет отражающую способность почвы — альбедо, конвективный теплообмен почвы с атмосферой, испарение с поверхности почвы. Температура почвы при мульчировании может повышаться или понижаться в зависимости от свойств покрытия. Так, при покрытии соломой, мелом, торфяной крошкой, опилками температура почвы понижается, а при покрытии ее черной бумагой, пластмассовой пленкой повышается. Всходы и моло-

дые растения защищают от перегрева солнечными лучами затенением навесами, щитами и другим материалом.

Технические приемы ввиду их дороговизны применяют на небольших площадях при выращивании рассады, дорогостоящих сельскохозяйственных культур. В теплицах при выращивании овощей, цветов применяют активный обогрев отработанной водой ТЭЦ, природной термальной водой, паром, электричеством.

Глава VII
ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ

§ 26. Виды плодородия почв и его динамика

Плодородие — это способность почвы обеспечивать потребности растений в факторах и условиях жизни: в питательных веществах, воде, воздухе, тепле, благоприятной среде для развития корневой системы и др. Плодородие — обобщающий показатель всех свойств почвы, является синтезом химических, физических, водных, воздушных, тепловых свойств.

Плодородие принципиально отличает почву от другой среды, например от горной породы, атмосферы, водной среды. Очевидно, что в указанных средах могут иметься отдельные факторы и условия жизни растений, но они не представлены в необходимой полноте и оптимальном сочетании. Плодородие не является абсолютным, абстрактным свойством почвы, оно находится в тесном взаимоотношении с конкретными растениями, зависит от их потребностей. Однако урожайность конкретных сельскохозяйственных культур зависит не только от плодородия почвы, но и от сорта, агротехники, технологии выращивания и уборки и т. д.

Различают природное плодородие, эффективное, или экономическое, и потенциальное.

Природное плодородие — это совокупность всех имеющихся свойств почвы по отношению к требованиям растений, которые характеризуются рядом важных положений, называемых биологическими законами:

1) незаменимость любого фактора жизни растений, отсюда следует так называемый закон минимума, согласно которому урожайность определяется фактором, находящимся в минимуме;

2) закон оптимума, свидетельствующий о том, что каждый фактор имеет оптимум; понижение или повышение величины фактора по сравнению с оптимумом вызывает ослабление развития растения;

3) равнозначность всех факторов жизни растений, поэтому наилучшие условия создаются, когда все факторы находятся в оптимуме;

4) оптимальные значения факторов претерпевают изменения в процессе жизни растений.

Кроме того, почвы должны быть благоприятны для развития микроорганизмов и почвообразовательных процессов.

С учетом сказанного мероприятия по улучшению природного плодородия почвы должны быть комплексными — улучшающими все ее свойства: водные, воздушные, тепловые, химические, физико-механические свойства. Возможность проведения таких мелиораций облегчается взаимосвязью многих свойств почвы.

Природное плодородие зависит также от погодных условий. Так, в засушливом году плодородные почвы не способны обеспечить потребности растений в воде и т. п.

Эффективное, или экономическое, плодородие проявляется при возделывании определенных сельскохозяйственных культур, дающих различную по количеству и качеству продукцию. Это результат воздействия человека на почву с некоторым природным плодородием в определенных экономических и социальных условиях. Оно зависит от количества и качества вложенного в почву труда. Главным фактором, определяющим эффективное плодородие, является уровень научно-технического прогресса и характер общественно-экономических отношений.

Эффективное плодородие увеличивается по мере развития науки, так как человек, обладая знаниями, может улучшать сорта растений, приемы обработки почвы и ухода за растениями. Технический прогресс позволяет повышать производительность труда. Все это снижает затраты на производство сельскохозяйственной продукции, улучшает ее качество, снижает себестоимость и приводит к повышению эффективного, или экономического, плодородия.

Потенциальное плодородие почвы проявляется после проведения мелиораций и применения наилучших сортов и приемов возделывания сельскохозяйственных растений, известных человеку в данный момент времени. Разность между потенциальным и эффективным плодородием в денежном выражении характеризует эффективность мелиораций почв.

Динамика плодородия является также отличительным свойством почвы. В определенных условиях плодородие почвы может ухудшаться, например при заболачивании или засолении почвы. При недостаточном внесении удобрений уменьшаются запасы питательных веществ в почве из-за выноса их с урожаем сельскохозяйственных культур. Неправильная агротехника приводит к ухудшению физико-механических свойств, к разрушению почвенного покрова (эрозия почв), к засорению почвы сорняками и т. д.

Вместе с тем почва способна улучшать свое плодородие, аккумулируя труд человека и вложенные в нее материальные ресурсы. Почва как основное средство сельскохозяйственного производства принципиально отличается от других средств (машин, орудий и т. п.) неизнашиваемостью. Другими словами, почва способна постоянно и неограниченно улучшать свое плодородие в условиях высокоразвитого социалистического сельскохозяйственного производства.

Существенно, что с ростом эффективного плодородия улучшаются свойства почвы. Разумные действия человека стимулируют

почвообразовательные процессы, приводящие к улучшению свойств почвы и превращению ее в окультуренную и культурную почву. В естественных условиях процессы почвообразования идут медленно, соответственно медленно улучшаются свойства почвы и повышается ее плодородие. Человек, воздействуя на почву, способен существенно ускорять почвообразовательные процессы, в течение нескольких лет на бесплодных землях (на болотах, солончаках, в пустынях) создавать плодородные почвы. С другой стороны, деятельность человека как мощный фактор почвообразования должна строго контролироваться во избежание отрицательных последствий для окружающей среды. Мероприятия по улучшению почв и их использованию должны проводиться с учетом охраны природной среды.

Неправильное понимание роли социально-экономических факторов в изменении плодородия почвы привело некоторых западных ученых к выводу так называемого закона убывающего плодородия, в котором утверждается, что якобы всякое добавочное вложение труда в почву сопровождается уменьшением прибавки урожая. По этому поводу В. И. Ленин писал: «...закон убывающего плодородия почвы» вовсе не применим к тем случаям, когда техника прогрессирует, когда способы производства преобразуются; он имеет лишь весьма относительное и условное применение к тем случаям, когда техника остается неизменной» *. Несостоятельность этого закона была также доказана трудами советских почвоведов, всей практикой мирового и социалистического сельскохозяйственного производства. Мировой опыт показывает, что вследствие научно-технического и социально-экономического прогресса повсеместно наблюдается рост производства сельскохозяйственной продукции благодаря повышению урожайности, а следовательно, и улучшению плодородия почв.

---

* Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 5, с. 102.

ПОЧВЫ СССР, ИХ ПРОИСХОЖДЕНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ, РАСПРОСТРАНЕНИЕ И МЕЛИОРАЦИЯ

Глава VIII
ПОЧВЕННО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЧВ

Территория нашей страны характеризуется большим разнообразием природных условий вследствие огромных ее размеров и расположения в различных географических зонах. Поэтому почвенный покров СССР очень разнообразен. В стране имеются почти все известные почвы, начиная от тундровых и кончая субтропическими.

Распространение почв подчинено определенным закономерностям, что позволяет районировать территорию страны по почвенным условиям. Большое количество различных по происхождению и свойствам почв требует научно обоснованной классификации, необходимой как для правильного их изучения, так и для эффективного использования, улучшения и охраны.

§ 27. Почвенно-географическое расположение СССР

Почвенно-географическое районирование основывается на учении о зональном распространении почв по поверхности земли. Это учение, основы которого заложил В. В. Докучаев, исходит из зависимости сочетания факторов и условий почвообразования от географического положения местности. На поверхности земли смена климатических условий и растительного покрова происходит в широтном направлении. Вследствие этого наблюдается закономерное широтное изменение почвенного покрова, называемое горизонтальной зональностью.

В горных районах климатические условия, растительный, а следовательно, и почвенный покров изменяются по высоте местности; там проявляется вертикальная зональность почв.

При почвенно-географическом районировании используют несколько таксономических единиц. Наиболее крупная из них — почвенно-биоклиматический пояс. Это обширные территории поверхности суши, объединенные сходными радиационными и термическими условиями, одинаковым характером их влияния на развитие растительности и почвообразование. На Земле выделяют пять почвенно-биоклиматических поясов: полярный (холодный), бореаль-

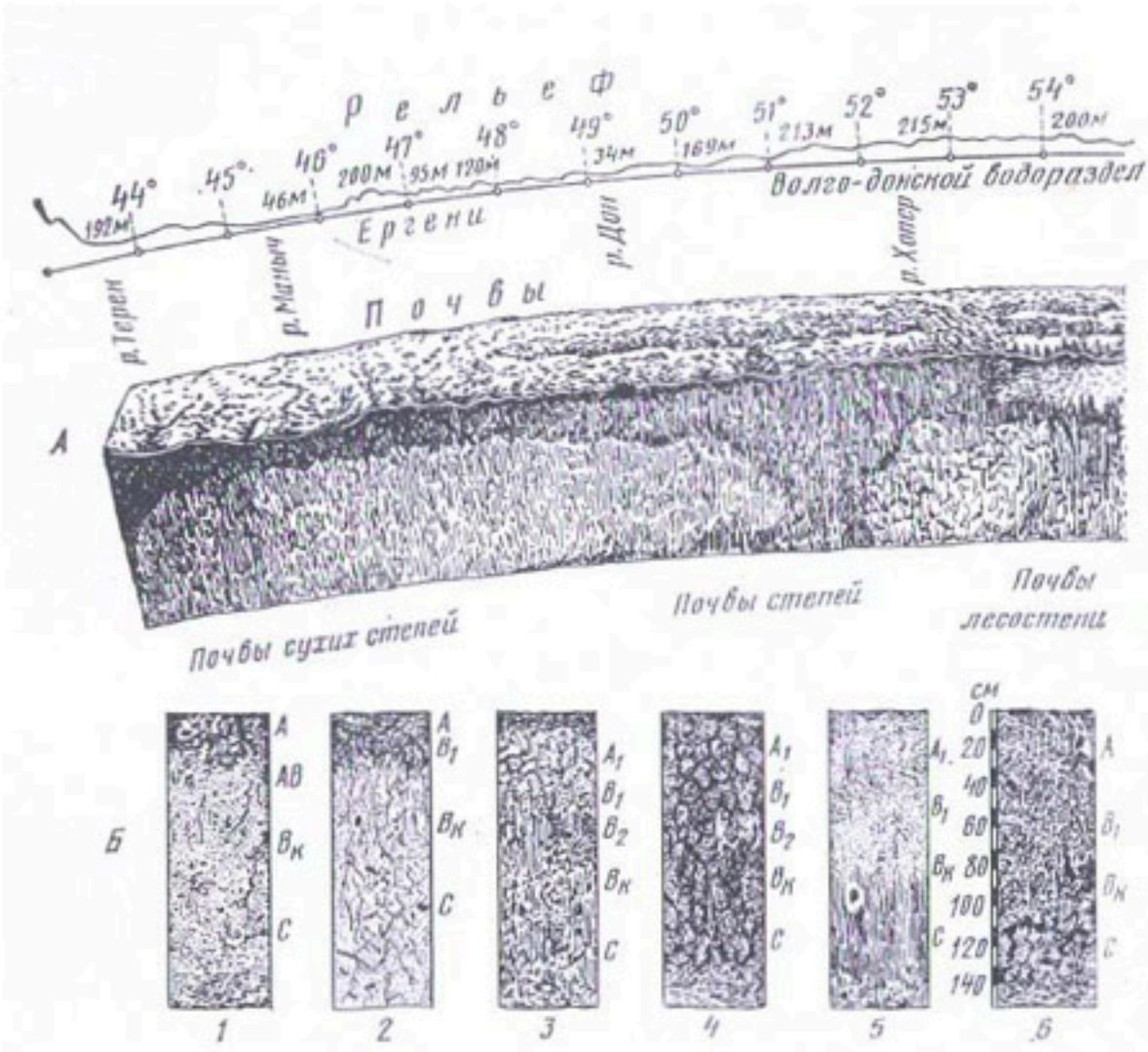


Рис. 20. *А* — меридиональный почвенный

1 — серозем; *2* — бурая пустынно-степная; *3* — темно-каштановая; *4* — южный ный чернозем; *8* — серая лесная; *9* — дерновая; *10* — дерново-

ный (умеренно холодный), суббореальный (умеренный), субтропический (умеренно теплый) и тропический (теплый). На территории СССР имеются первые четыре из названных поясов.

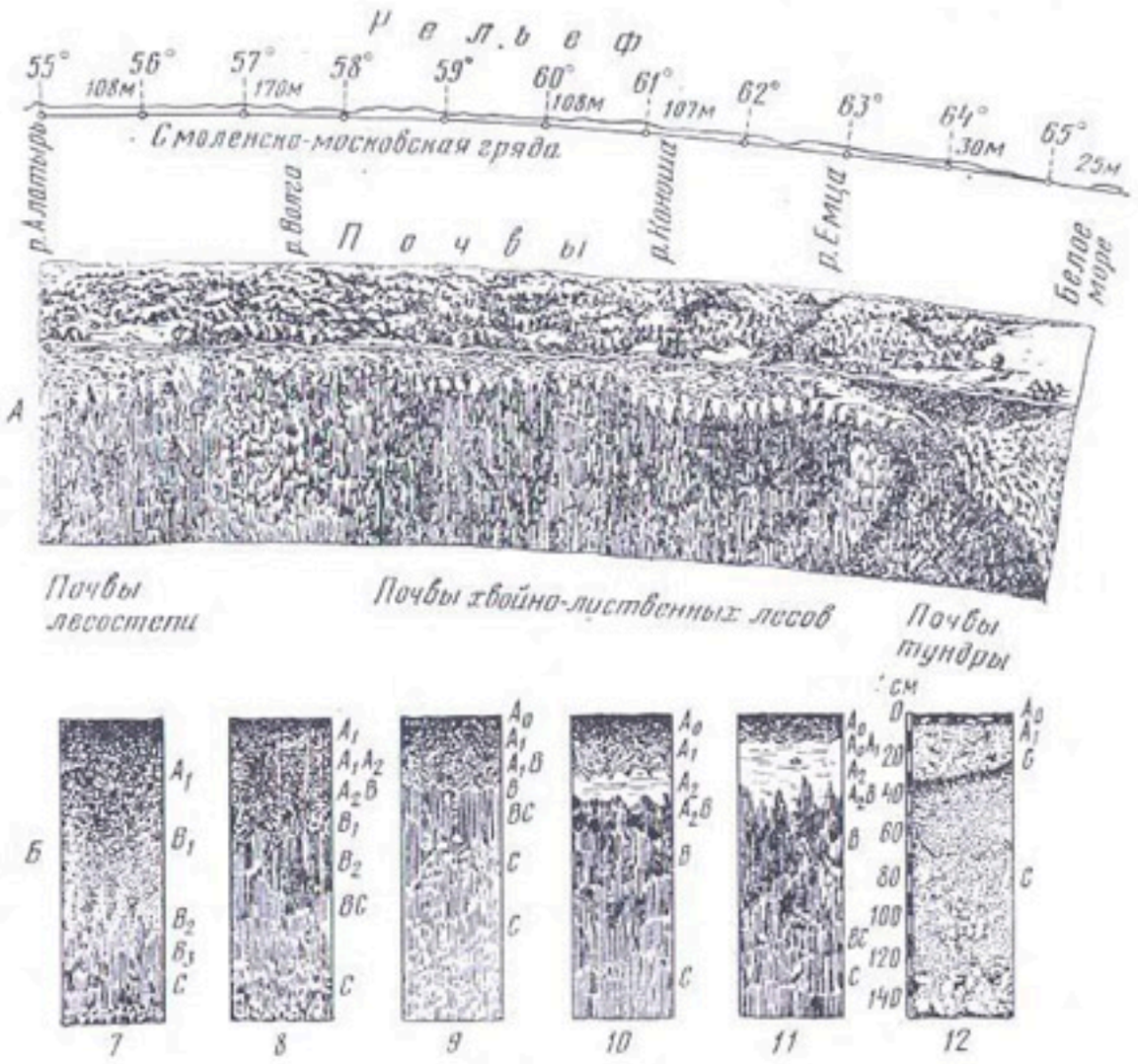
Внутри поясов выделяют почвенно-биоклиматические области, характеризующиеся различной степенью континентальности климата и увлажнения.

Различают влажные (экстрагумидные и гумидные), переходные (субгумидные и субаридные) и сухие (аридные и экстрааридные) области.

На равнинных территориях выделяют почвенные зоны, провинции, округи и районы.

Для горных территорий соответственно горные почвенные провинции, вертикальные почвенные зоны, горные почвенные округи и районы.

Основной единицей почвенно-географического районирования равнинных территорий является почвенная зона, характеризующаяся преобладанием определенного типа почв и сопутствующих ему интразональных почв. Для почвенной зоны свойственна однотип-



профиль (по М. М. Филатову); *Б* — почвы:
черноземы: *5* — обыкновенный чернозем; *6* — типичный чернозем; *7* — выщелоченный; *8* — оподзоленный; *9* — серые лесные; *10* — дерново-подзолистые; *11* — подзолистые; *12* — тундрово-глеевые.

ность ведения сельского хозяйства, определенная система земледелия, однотипность мероприятий по повышению плодородия почв, их мелиораций, мероприятий по охране почв.

На территории СССР выделяются следующие основные почвенные зоны (рис. 20):

1) арктическая и субарктическая зона тундровых почв;
2) таежно-лесная зона подзолистых, дерновых, болотных, мерзлотных, лугово-лесных почв;
3) зона широколиственных лесов с бурыми лесными почвами;
4) лесостепная зона с серыми лесными почвами;
5) степная зона с черноземными почвами;
6) сухостепная зона с каштановыми почвами;
7) пустынно-степная зона с бурыми почвами и сероземами;
8) пустынная зона с серобурыми почвами и такырами;
9) зона влажных субтропиков с желтоземами и красноземами.

Почвенно-географическое районирование СССР с указанием почвенно-биоклиматических поясов, областей, зон, подзон и провинций приведено на рисунке 21.

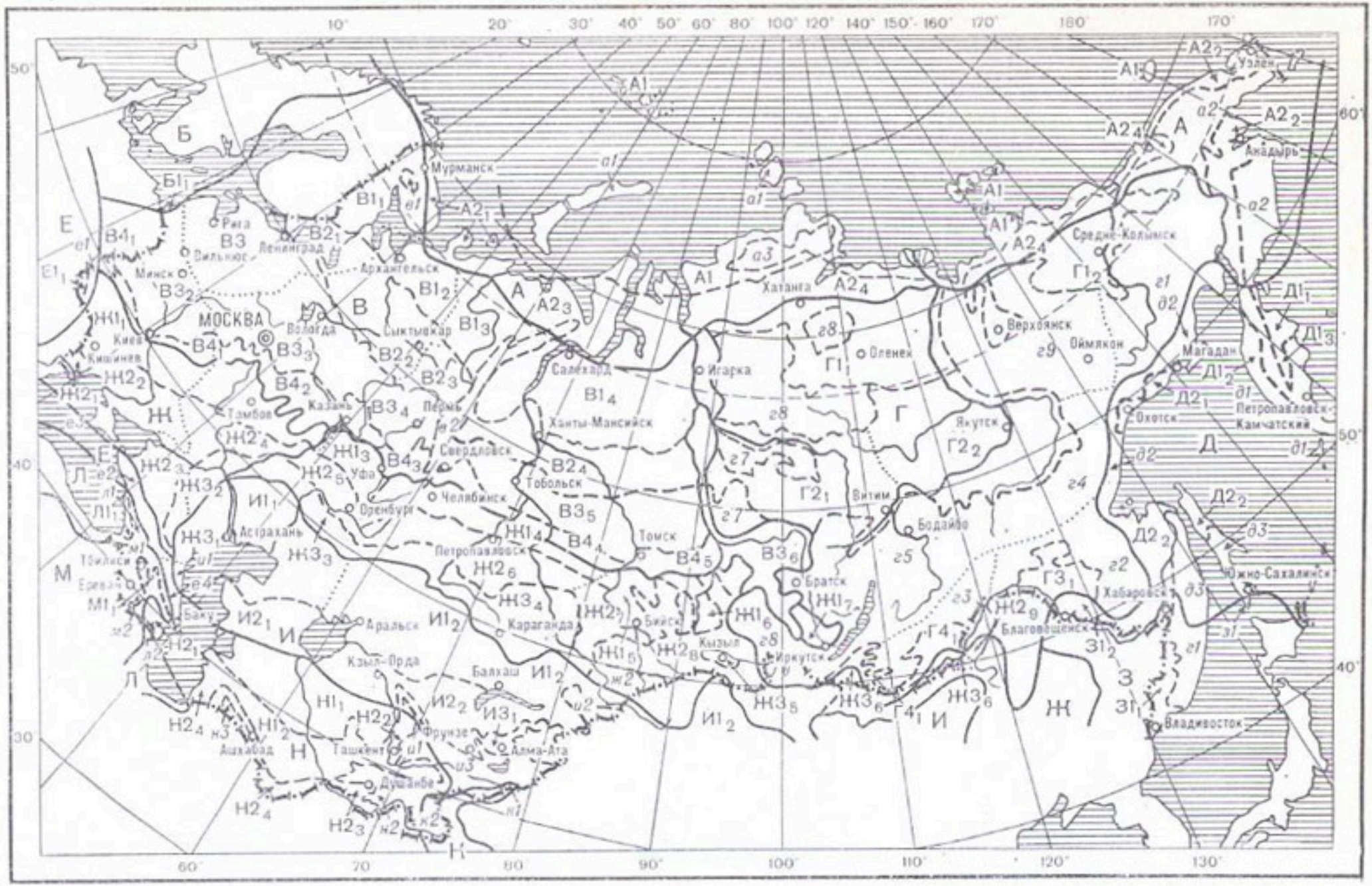

МОСКВА
Мурманск
Рига
Ленинград
Вильнюс
Минск
Архангельск
Киев
Кишинев
Волгоград
Сыктывкар
Тамбов
Казань
Пермь
Свердловск
Уфа
Челябинск
Оренбург
Астрахань
Тбилиси
Ереван
Баку
Тобольск
Томск
Петропавловск
Караганда
Аральск
Кзыл-Орда
Балхаш
Ташкент
Фрунзе
Алма-Ата
Ашхабад
Душанбе
Салехард
Игарка
Ханты-Мансийск
Хатанга
Оленек
Якутск
Витим
Братск
Иркутск
Бийск
Кызыл
Бодайбо
Верхоянск
Оймякон
Средне-Колымск
Благовещенск
Хабаровск
Южно-Сахалинск
Владивосток
Петропавловск-Камчатский
Охотск
Магадан
Анадырь
Уэлен
60°
50°
40°
30°
10°
20°
30°
40°
50°
60°
80°
100°
120°
140°
150°
160°
170°
180°
170°
60°
70°
80°
90°
100°
110°
120°
130°

Рис. 21. Схема почвенно-географического районирования СССР (Почвенный институт им. В. В. Докучаева, СОПС АН СССР):

Полярный (холодный) пояс

I. Евразиатская полярная область.

I.A1. Арктическая зона арктических и тундровых почв. II.A2. Субарктическая зона тундровых почв.

Равнинные почвенные провинции:

1. Кольская. 2. Чукотско-Анадырская. 3. Канинско-Печорская. 4. Северосибирская.

Горные почвенные провинции:

а1. Уральско-Новоземельская. а2. Чукотская. а3. Таймырская.

Бореальный (умеренно холодный) пояс

Б. Западная лугово-лесная область

Б1. Хвойно-широколиственно-лесная зона бурых и дерново подзолистых почв.

Равнинная почвенная провинция: 1. Калининградская.

В. Центральная таежно-лесная область.

В1. Северотаежная подзона глеево-подзолистых почв. Равнинные почвенные провинции:

1. Кольско-Карельская. 2. Онежско-Тиманская. 3. Тимано-Печерская. 4. Западносибирская.

В2. Среднетаежная подзона подзолистых почв.

Равнинные почвенные провинции:

1. Карельская. 2. Онего-Двинская. 3. Вычегодская. 4. Западносибирская..

В3. Южнотаежная подзона дерново-подзолистых почв.

Равнинные почвенные провинции:

1. Прибалтийская. 2. Белорусская. 3. Среднерусская. 4. Вятско-Камская. 5. Западносибирская. 6. Приангарская.

В4. Лиственно-лесная зона серых лесных почв.

Равнинные почвенные провинции:

1. Украинская. 2. Среднерусская. 3. Прикамская. 4. Западносибирская. 5. Приалтайская.

Горные почвенные провинции:

в1. Хибинская. в2. Уральская.

Г. Восточно-Сибирская мерзлотно-таежная область.

Г1. Северотаежная подзона глеево-мерзлотно-таежных почв.

Равнинные почвенные провинции:

1. Североленская. 2. Янско-Колымская.

Г2. Среднетаежная подзона мерзлотно-таежных и палевых почв.

Равнинные почвенные провинции:

1. Среднесибирская. 2. Центральноякутская.

Г3. Южнотаежная подзона дерново-мерзлотно-таежных оподзоленных почв.

Равнинная почвенная провинция:

1. Верхнезейская.

Г4. Лиственно-лесная зона серых лесных мерзлотных почв.

Равнинная почвенная провинция:

1. Забайкальская.

Горные почвенные провинции:

г1. Колымская. г2. Верхнеамурско-Буреинская. г3. Забайкальская. г4. Приалданская. г5. Североприбайкальская. г6. Восточносаянская. г7. Приенисейская. г8. Путоранская. г9. Верхоянская.

Д. Дальневосточная таежно-лугово-лесная область.

Д1. Лугово-лесная зона дерновых почв.

Равнинные почвенные провинции:

1. Восточнокамчатская. 2. Западнокамчатская.

Д2. Таежно-лесная зона подзолистых и кислых неподзолистых почв.

Равнинные провинции:

1. Магаданская. 2. Амурско-Северосахалинская.

Горные почвенные провинции:

д1. Камчатская. д2. Охотская. д3. Сихотэ-алинско-Сахалинская.

Суббореальный (умеренный) пояс

Е. Западная буроземно-лесная область

Е1. Широколиственно-лесная зона оподзоленных и типичных бурых лесных почв.

Равнинная почвенная провинция:

1. Закарпатская.

Горные почвенные провинции:

е1. Карпатская. е2. Северокавказская. е3. Крымская. е4. Восточнокавказская.

Ж. Центральная лесостепная и степная область

Ж1. Лесостепная зона оподзоленных, выщелоченных и типичных черноземов.

Равнинные почвенные провинции:

1. Украинская. 2. Среднерусская. 3. Заволжская. 4. Западносибирская. 5. Предалтайская. 6. Западноприсаянская. 7. Восточноприсаянская.

Ж2. Степная зона обыкновенных и южных черноземов.

Равнинные почвенные провинции:

1. Придунайская. 2. Украинская. 3. Приазовско-Предкавказская. 4. Среднерусская. 5. Заволжская. 6. Казахстанская. 7. Предалтайская. 8. Минусинская. 9. Забайкальская.

Ж3. Сухостепная зона темно-каштановых и каштановых почв.

Равнинные почвенные провинции:

1. Восточнопредкавказская. 2. Донская. 3. Заволжская. 4. Казахстанская. 5. Тувинская. 6. Забайкальская.

Горные почвенные провинции:

д1. Южноуральская. д2. Южноалтайская. д3. Алтайско-Саянская.

З. Восточная буроземно-лесная область.

З1. Хвойно-широколиственная лесная зона бурых лесных и дерново-подзолистых почв.

Равнинные почвенные провинции:

1. Уссурийско-Ханкайская. 2. Зейско-Буреинская.

Горная почвенная провинция:

з1. Южносихотэалинская.

И. Пустынно-степная и пустынная область.

И1. Пустынно-степная зона светло-каштановых и бурых почв.

Равнинные почвенные провинции:

1. Прикаспийская. 2. Казахстанская.

И2. Пустынная зона серо-бурых почв.

Равнинные почвенные провинции:

1. Арало-Каспийская. 2. Арало-Балхашская.

И3. Предгорно-пустынно-степная зона малокарбонатных сероземов.

Равнинная почвенная провинция:

1. Северопритяньшанская.

Горные почвенные провинции:

и1. Внутреннедагестанская. и2. Саур-Тарбагатайская. и3. Северотяньшанская.

К. Высокогорная пустынная область.

Горные почвенные провинции:

к1. Центральнотяньшанская. к2. Восточнопамирская.

Субтропический умеренно теплый пояс.

Л. Субтропическая умеренно-теплая влажно-лесная область.

Л1. Зона влажных лесов с желтоземами и красноземами.

Равнинная почвенная провинция:

1. Колхидская.

Горные почвенные провинции:

л1. Западнозакавказская. л2. Ленкоранская.

М. Субтропическая умеренно теплая ксерофитно-лесная область.

М1. Зона коричневых и серо-коричневых почв.

Равнинная почвенная провинция:
1. Алазано-Куринская.

Горные почвенные провинции:
м1. Восточнозакавказская. м2. Южнозакавказская.

Н. Субтропическая умеренно-теплая пустынно-степная и пустынная область.

Н1. Пустынная зона южных серо-бурых почв.

Равнинные почвенные провинции:
1. Северотуранская. 2. Южнотуранская.

Н2. Предгорно-пустынно-степная зона сероземов.

Равнинные почвенные провинции:
1. Кура-Араксинская. 2. Западнопритяньшанская. 3. Пригиссарская. 4. Прикопетдагская.

Горные почвенные провинции:
н1. Западнотяньшанская. м2. Бадахшано-Гиссарская. м3. Копетдагская.

Равнинные почвенные провинции обозначены цифрами, горные — прописными буквами.

§ 28. Классификация почв

Классификация почв — объединение почв в соответствующие группы с одинаковыми признаками, исходя из задач классификации. Она может быть естественноисторическая (или генетическая), прикладная (агрономическая, мелиоративная, строительная и т. д.), экономическая (по плодородию почв — бонитировка почв).

Классификация почв должна иметь генетико-производственную основу — отражать совокупность факторов и условий почвообразования, давать представление о свойствах почв, имеющих производственное значение. Почвы необходимо классифицировать по группе признаков и свойств. Классификация по одному признаку (например, по механическому составу, содержанию гумуса и т. д.) не эффективна, так как в таком случае возможно объединение в одну группу совершенно разных по происхождению и по многим другим свойствам почв.

Наибольшее научное и производственное значение имеет естественноисторическая, или генетическая классификация почв, основы которой были заложены русскими почвоведами В. В. Докучаевым и Н. М. Сибирцевым. В последующем по мере развития науки о почве, накоплении новых фактов классификация почв совершенствовалась.

В настоящее время при классификации почв используют следующие таксономические единицы:

1) тип почв — почвы, образованные в одинаковых условиях и обладающие сходным строением и свойствами (например, подзолистые почвы, черноземы, солончаки);

2) подтип почв — группа почв в пределах одного типа, различающихся между собой проявлением основного и сопутствующих процессов почвообразования. При выделении подтипов учитывают термические условия, континентальность климата (например, дерново-подзолистая почва, чернозем обыкновенный);

3) род почв — выделяется внутри подтипа по особенностям почвообразования, связанным со свойствами материнских пород, с гидрогеологическими условиями — глубиной и химизмом грунтовых вод (например, солонцеватые, солончаковатые, остаточно-карбонатные почвы и др.);

4) вид почв — определяется по степени выраженности основного почвообразовательного процесса (например, по степени подзолистости и глубине оподзоливания, мощности гумусового горизонта, степени выщелоченности, характеру распределения солей по профилю у солончаков);

5) разновидность почв — зависит от механического состава (например, суглинистые, песчаные, пылевато-суглинистые почвы);

6) разряд — объединяет почвы одного и того же механического состава, но развитые на материнских породах разного происхождения и разного петрографического состава. Пример определения почвы от типа до разряда: чернозем обыкновенный солонцеватый малогумусный пылевато-суглинистый на лессовидных суглинках.

При классификации почв следует различать тип почв и тип почвообразования. Тип почвообразования это комплекс процессов, образующих почву. В разных природных условиях могут протекать различные почвообразовательные процессы. Их комбинации определяют тип почвообразования (например, дерновый, болотный, солончаковый). Наряду с этим в конкретных условиях могут одновременно, но с разной интенсивностью формироваться различные типы почвообразования. Поэтому тип почвообразования не является таксономической единицей.

Глава IX
ПОЧВЫ ТУНДРОВОЙ И ТАЕЖНО-ЛЕСНОЙ ЗОН

§ 29. Почвы тундровой зоны

Тундра (по-карельски — безлесье) и лесотундра занимают Крайний Север нашей страны, окаймляя полосой европейское и азиатское побережье Северного Ледовитого океана. Площадь тундры земного шара достигает 600 млн. га, из них 180 млн. га находится в СССР.

Климат тундры очень суровый. Средняя годовая температура в европейской части СССР колеблется от 0,2° до —4,4 °С, для азиатской части от —9 до —14 и даже до —17 °С. Средние зимние температуры от —25 до —31 °С. Относительная влажность воздуха в июле 75—90 %, в августе 77—80 %. Количество испаряемой с поверхности влаги меньше количества атмосферных осадков. Глубокие горизонты почвы в тундре охвачены постоянной мерзлотой, которая накладывает отпечаток на весь ход почвообразования. Глубина оттаивания летом обычно не превышает 40 см.

В тундровой зоне Советского Союза выделяются провинции: Кольская с умеренно морским климатом, Восточно-Европейская и Северо-Сибирская с континентальным климатом, Чукотско-Анадырская с холодным морским климатом.

Тундровая зона подразделяется на подзоны: 1) арктическую пустыню; 2) арктическую тундру; 3) лишайниково-моховую (пятнистую) тундру; 4) кустарниковую тундру; 5) лесотундру.

Арктическая пустыня расположена на островах Северного Ле-

довитого океана, почти сплошь покрытых ледниками. Места, свободные от льдов, заняты каменистыми россыпями. Растительный покров пятнистый. По ложбинам произрастают, образуя рыхлые дерники, лисохвост альпийский, крупка альпийская, фипсия холодолюбивая, щучка северная; из кустарников — камнеломка дернистая, ива полярная и некоторые другие цветковые растения. Корни этих растений распространяются на малой глубине параллельно поверхности почвы.

Арктическая тундра занимает побережье Северного Ледовитого океана, подразделяется на полигональную (пятнистую) и лишайниковую тундру. Там произрастают лишайники и мхи, встречаются пленочки водорослей, главным образом синезеленых, а также некоторые формы бактерий. Почвообразование находится на первых стадиях развития. Оно осложнено криогенными (мерзлотными) явлениями.

Лишайниково-моховая тундра представляет собой плосковозвышенные участки с глинистой малоразвитой почвой с покровом из мхов, а также песчаными и каменистыми участками, на которых произрастают мхи и лишайники. Значительную часть лишайниково-моховой тундры занимают низинные болота и отчасти озера.

Кустарниковая тундра расположена южнее лишайниково-моховой. Наряду с лишайниками и мхами там произрастают карликовая береза, багульник, пушица, брусника, черника, голубика.

Поверхность тундры имеет относительно выраженные неровности, иногда в виде холмов и западин. Микрорельефные неровности поверхности тундры связаны с первичными формами поверхности, с различием механического состава почв, пестротой растительного покрова — чередованием голых пятен с участками травостоя и неравномерностью увлажнения. В холодное время почва промерзает с образованием вспучиваний и трещиноватости. При размерзании по местам трещин образуются углубления, чередующиеся с приподнятыми выпуклыми участками, которые нарушаются при последующем промерзании. В результате периодических промерзаний и размерзаний происходят заметные смещения почвенной массы, образуется термокарст.

В переходной полосе от тундры к тайге распространяется лесотундра с участками островных, изреженных низкорослых лесов, исчезающих на севере и сливающихся к югу с лесами таежной зоны. В лесотундре произрастает угнетенная береза (Кольский полуостров), ель (от Белого моря до Урала), лиственница (в Сибири), местами пихта, тополь, ива (в северо-восточной части СССР). Леса характеризуются изреженностью и угнетенным ростом. Стволы низкорослые, искривленные по направлению преобладающих ветров. Изреженность древостоя благоприятствует развитию кустарниково-лишайниковой растительности. Низкорослые деревья диаметром около 5—7 см живут до 200—300 лет. В лесотундре распространены низинные и верховые болота. По речным долинам лесотундра проникает далеко на север в глубину тундры. Это объясняется тем, что теплые воды, текущие с юга, смягчают суровость

климата. Местами лесотундра в виде лесных колков наступает на тундру, а местами на нее наступает тайга.

Долины рек, пересекающие тундру, отличаются относительно более мягким климатом. В этих долинах увеличивается мощность снежного покрова и улучшается тепловой режим почвы. Там наблюдаются более высокие температуры воздуха. Постоянная мерзлота отступает на глубину 15—20 м, уменьшается глубина сезонного промерзания почвы. Древесная растительность, далеко проникающая в тундру по долинам рек, способствует большему накоплению снега и меньшему промерзанию почвы.

На большей части территории тундры вне речных долин почва мало прогревается, поэтому внизу остается постоянная мерзлота, задерживающая рост и развитие растений, микроорганизмов, а также почвообразовательный процесс. Мерзлый горизонт препятствует распространению корней растений на необходимую глубину и способствует заболачиванию почв. Мхи и лишайники развиваются нормально. Заболоченные торфянистые почвы оттаивают лишь на глубину 30 см, и только минеральная сухая песчаная почва иногда оттаивает до 200 см. Мерзлота вследствие ее таяния и водонепроницаемости обусловливает избыточное увлажнение почв. При таких условиях в почве господствует анаэробиозис.

Почвообразующими породами в равнинной части тундры являются моренные образования, флювиогляциальные, озерные и речные отложения различного механического состава. Местами почвы формируются на отложениях бореальных морских позднечетвертичных трансгрессий. В горных областях почвообразующими породами служат разновозрастные кристаллические и осадочные геологические образования.

В тундре широко распространены заболоченные почвы, что объясняется водонепроницаемостью мерзлоты, низкой температурой, высокой относительной влажностью воздуха и слабой испаряемостью с поверхности почвы. В этой зоне наблюдается ослабленный ход биологических и биохимических процессов вследствие незначительного ежегодного растительного опада (0,5—1 т/га). Микрофлора почв однообразная и бедная. Азотобактер в тундровых почвах не обнаружен. В почвенных растворах мало содержится растворимых веществ, условия гумификации и минерализации растительных остатков неблагоприятны.

Органическое вещество в почвах накапливается в виде полуторфянистого кислого гумуса с преобладанием фульвокислот. Биологически поглощенные элементы в почву возвращаются медленно. Емкость поглощения почв составляет 9—16 мэкв/100 г почвы. Мерзлотный горизонт, препятствуя выщелачиванию растворимых солей, нередко обусловливает карбонатность и даже солончаковатость почв. Условия гумификации и минерализации растительных остатков неблагоприятны. Период активной деятельности малочисленной микрофлоры незначителен.

Вследствие ослабленности биологических процессов почвы слаборазвиты, характеризуются малой мощностью генетических го-

ризонтов и всего профиля. Преобладает тундрово-глеевый тип почвообразования, приводящий к развитию торфянисто- и торфяно-глеевых почв. Подчиненное значение имеет подзолистый тип почвообразования на песчаных горных породах.

В тундровой зоне распространены следующие типы почв: арктические, болотные арктические, тундровые глеевые, тундровые неглеевые (иллювиально-гумусовые), тундровые болотные.

Арктические почвы при малой интенсивности передвижения веществ имеют слабую дифференциацию профиля, непрочную комковатую структуру, бурую окраску. Гумус равномерно распределяется по профилю, иногда накапливаясь над мерзлым слоем. Почвы не вскипают, почти не оглеены. В поверхностном горизонте наблюдается ожелезнение. Органического вещества содержится до 3—4 %, азота — до 0,5 %. Почвы обладают слабокислой почти нейтральной реакцией, внизу до слабощелочной. Поглощающий комплекс невелик и сильно насыщен основаниями.

К югу арктические почвы переходят в тундровые глеевые, имеющие ничтожный (2—3 см) торфянистый горизонт. Это малосформированные примитивные почвы. Содержание гумуса в них не превышает 2—3 %, pH водной вытяжки 5—5,8, солевой вытяжки 4—4,3.

В сельскохозяйственном отношении территория тундры имеет значение как кормовая база оленеводства. Развитию земледелия там препятствуют короткий вегетационный период, низкие температуры летом, мерзлота, избыток влажности и малая аэрация. В этой зоне применяются специальные субполярные агротехника и мелиорация, направленные на улучшение термических и водно-воздушных условий, а также на устранение вредных влияний мерзлоты. Важное значение имеют мероприятия по усилению процессов нитрификации почв. Это можно достичь внесением высоких доз органических (навоз), минеральных (NPK) и бактериальных удобрений. Последние необходимы для развития микробиологических процессов в почве. Очень важными мероприятиями по улучшению тундровых почв являются их утепление и улучшение аэрации путем окультуривания, которое состоит в осушении земель, облесении, снегозадержании, известковании кислых почв, посеве бобовых, оструктуривании, ускорении оттаивания весной и т. д.

Успешнее осваиваются лучшие песчаные и супесчаные легкосуглинистые теплые почвы южных и юго-восточных склонов, а также пойменные и террасовые почвы, где постоянная мерзлота находится наиболее глубоко и отступает при окультуривании.

Тундра представляет собой огромный сельскохозяйственный фонд. Она является базой развития оленеводства. Это значение возрастает в связи с промышленным освоением Арктики и Субарктики.

§ 30. Почвы таежно-лесной зоны

Таежно-лесная зона в нашей стране занимает площадь около 1150 млн. га (включая область мерзлотно-таежных и бурых лесных почв), или около 52 % площади СССР. Преобладающая растительность зоны — таежные хвойные и смешанные леса. Леса перемежаются с суходольными лугами.

Всю таежно-лесную зону делят на подзоны:

а) северная тайга — полоса редколесий — лишайниково-моховые хвойные леса с примесью березы и мелкого кустарника. В подзоне много болот, преобладают глеево-подзолистые почвы;

б) средняя тайга — густые еловые и пихтовые леса, наземный покров состоит из зеленых мхов. Поверхность почвы покрыта мертвой лесной подстилкой. Местами распространены мелколиственные, главным образом березовые, леса. Наиболее развита подзона в азиатской части СССР. Почвы — подзолы и оподзоленные, местами подзолисто-глеевые;

в) южная тайга — хвойно-широколиственные леса, так называемые рамени из ели, липы, дуба, клена с травяным покровом. Местами встречаются массивы сосновых боров, а по вырубкам и гарям — вторичные березняки и осинники. Почвы — подзолистые и дерново-подзолистые.

Почвы таежно-лесной зоны формируются в умеренно холодном континентальном климате, в условиях систематического избыточного увлажнения и промывания. Континентальность климата возрастает с запада на восток. К побережью Тихого океана климат становится менее суровым. В южной части Приамурья он приобретает муссонный характер. Среднегодовая температура в европейской части СССР около 4 °С, в Западной Сибири в пределах — 4 °С, в Восточной Сибири достигает — 11,5 °С.

Атмосферные осадки выпадают сравнительно равномерно и больше, чем их испаряется с поверхности, но в Восточной Сибири испаряемость превышает количество осадков. В среднем за год осадков выпадает: в европейской части около 600 мм, преимущественно летом (июль), в Западной Сибири — 425—565 мм, из них 50 % летом, в Восточной Сибири — 140—240 мм, из них более половины летом, на Дальнем Востоке — 380—1000 мм.

Снежный покров в европейской части СССР достигает мощности 50—70 см, в азиатской части заметно уменьшается. В соответствии с уменьшением мощности снежного покрова к востоку возрастает глубина промерзания почвы. По всей северной части зоны распространены сплошная и островная многолетняя мерзлота, которая в виде островов в Восточной Сибири заходит в южную часть зоны. Почвообразование протекает в деятельном надмерзлотном оттаявшем слое, но длительные зимы прерывают биологические процесы в почве.

Рельеф таежно-лесной зоны в европейской части СССР относительно выровнен. Основной почвообразующей породой являются моренные отложения. На морене залегают элювий водоразделов и

делювий склонов, известные в литературе под названием покровных суглинков, а также лессовидных карбонатных и бескарбонатных суглинков. В речных долинах почвы развиваются на аллювии. В Прибалтийских республиках распространенной почвообразующей породой являются ленточные древнеозерные глины. В азиатской части СССР огромную территорию занимает Западно-Сибирская низменность с древнечетвертичными образованиями — мореной и древнеаллювиальными отложениями. Восточная Сибирь занята обширными плоскогорьями и крупными горами, где на значительных пространствах выходят кристаллические породы. На склонах залегает делювий, в долинах аллювий, на которых непосредственно формируются почвы.

Почвенный покров таежно-лесной зоны формируется в основном под действием подзолистого, дернового и болотного процессов. Эти процессы могут протекать в чистом виде или в различном сочетании. В Восточной Сибири на образование почв большое влияние оказывает многолетняя мерзлота и мерзлотные процессы в почве (образуются особые мерзлотные лугово-лесные почвы).

Подзолистый почвообразовательный процесс протекает под хвойным и смешанным лесом. Он характеризуется анаэробными и аэробными микробиологическими процессами, прерывисто протекающими в верхней части почвы вследствие периодического избытка влаги в горизонте A_2. В анаэробных условиях возникают восстановительные процессы, приводящие к образованию подвижных железа, марганца, алюминия, усиленному выщелачиванию и оглеению. Огромная роль в подзолообразовании принадлежит лесной подстилке, состоящей из отмерших частей растений — хвои, веток, стеблей и других растительных остатков. Лесная подстилка отличается хорошей водопроницаемостью, большой влагоемкостью и предохраняет поверхность почвы от размыва и от потери почвенной влаги на испарение. Она богата дубильными веществами и обладает кислотными свойствами, что мешает развитию бактерий.

Лесная подстилка временами обусловливает избыточное увлажнение, приводящее к анаэробиозису. Летом в периоды относительного минимума осадков преобладают окислительные процессы. В это время протекает грибное разложение древесных остатков при участии актиномицетов, гнилостных и аммонифицирующих бактерий с выделением фульвокислот и других агрессивных и низкомолекулярных органических кислот (муравьиной, уксусной, лимонной). Кислоты образуют растворимые соли, которые уносятся с водой, что частично обезвреживает кислую среду. Из грибов, разлагающих древесные остатки, известны синяя, бурая и красная гнили, а также различные низшие плесневые грибы, лучистые и высшие — шляпочные. Грибная флора лесных почв — один из важных факторов почвообразования.

Процесс оподзоливания идет весьма многообразно, находясь в зависимости прежде всего от количества и характера выпадения атмосферных осадков, количества и состава органических веществ, соотношения углерода к основаниям и азоту лесного растительно-

го опада. Периодическое переувлажнение благоприятствует большой подвижности минеральных соединений почвы, так как в условиях возникающего анаэробиозиса с падением окислительно-восстановительного потенциала усиливается растворение минеральных соединений, а в период иссушения почвы и с увеличением содержания Ca и Mg при минерализации лесного опада усиливаются окислительные процессы. Чем чаще повторяется временное переувлажнение почвы, тем сильнее выражено оподзоливание.

Лесная подстилка, помимо удобрения лесных почв, сильно влияет на ход почвообразования. Если кислая реакция подстилки способствует подзолообразованию, то щелочноземельные основания, освобождающиеся при ее минерализации, нейтрализуя кислоты, задерживают подзолообразование и тем сильнее, чем больше их содержится в лесном опаде (табл. 8).

8. **Содержание азота и зольных элементов в годичном лесном опаде** (по Н. П. Ремезову)

Вид леса	Содержание (в кг/га)							
	N	SiO_2	R_2O_3	CaO	MgO	K_2O	P_2O_5	SO_3
Сосняк	7,5	5,0	5,0	18,0	3,5	3,5	2,5	3,5
Ельник	19,5	15,5	4,5	21,0	4,5	5,5	5,5	2,5
Березняк	54,0	3,0	4,5	37,5	12,0	21,0	11,0	10,0
Дубняк	38,5	48,5	11,0	82,0	16,5	21,5	25,5	11,5

Под дубовыми и березовыми лесами при обогащении почвы лесным опадом отмечается ослабление оподзоливания, местами оно прекращается совсем.

Вследствие значительного количества в почве разлагающегося органического вещества, периодической переувлажненности и слабой аэрации протекают процессы денитрификации. Нитрификация подавлена или отсутствует. В лесной почве встречаются бактерии аммонификаторы.

Подзолообразование приводит к ненасыщенности почвы основаниями, усиленному промыванию почвы и последовательному вытеснению обменных катионов ионом водорода. Количество последнего иногда достигает 70—80 % суммы поглощенных оснований. Из подзолистого горизонта (A_2) выносятся все подвижные продукты обмена минеральной части почвы с органическими (гумусовыми) кислотами. В результате длительного промывания почвы формируется ясно выраженный обесцвеченный, лишенный всех растворимых солей и относительно обогащенный устойчивой SiO_2 не насыщенный основаниями бесструктурный подзолистый горизонт A_2. Ниже горизонта A_2 нередко устанавливается нейтральная реакция. Недоокисленные продукты, окисляясь там, выпадают из раствора, способствуя формированию иллювиального горизонта B. В пределах этого горизонта иногда образуется гумусово-иллювиальный подгоризонт.

Подзолообразование состоит в распаде органической и минеральной частей почв, в постепенном выщелачивании оснований из почвы, обеднении глиноземом и относительном обогащении SiO_2. Растворы и взвеси движутся с нисходящим током воды из гумусово-аккумулятивного и подзолистого горизонтов в нижележащие, где задерживаются в результате механического поглощения и коагуляции, что обусловливает образование иллювиального горизонта *В*. Оподзоливание начинается непосредственно под лесной подстилкой и постепенно распространяется вниз.

Наибольшее развитие подзолы получают под ельниками зеленомошниками и сосновыми борами зоны. Под редколесной северной тайгой формируются заболоченные маломощные подзолы с подзолистым (A_2) и глеевым горизонтами. Гумусово-аккумулятивный горизонт (A_1) почти не выражен. Под хвойно-широколиственными лесами южной части тайги формируются дерново-подзолистые почвы с относительно мощным дерновым горизонтом (A_1).

Под лиственными породами уменьшается ненасыщенность почв основаниями. Если нет усиленного промывания, почва обогащается зольными элементами, а подзолообразование задерживается.

Оподзоливание усиливается в периоды большего увлажнения почвы, особенно весной и осенью, т. е. оно протекает прерывисто, то затухая, то усиливаясь по сезонам года. Эта периодичность может характеризоваться широкими амплитудами в связи с чередованием влажных и сухих лет.

Подзолообразование протекает весьма различно в зависимости от механического состава почвообразующих пород. Этот процесс приводит к формированию более типичных подзолов на суглинистых материнских породах. В нижней части подзолистых и оподзоленных почв часто формируется синевато-серый горизонт оглеения, характеризующийся присутствием закисных соединений железа и вивианита. Этот горизонт в отличие от подзолистового формируется в зоне постоянного переувлажнения и анаэробиозиса. Оглеение в конечном счете может захватить всю почву. Образование глея является следствием застойных почвенных вод и в дальнейшем становится причиной их появления.

По мере движения к югу с усилением роли лиственных лесов и травянистой растительности подзолистый процесс видоизменяется накладывающимся на него дерновым почвообразованием.

Дерновый почвообразовательный процесс начинается под пологом разреженного леса с травянистой растительностью. Лесная подстилка, последовательно заменяясь живым покровом, исчезает. Образующаяся высокомолекулярная часть гумусовых веществ (типа гуминовых кислот) осаждается основаниями в горизонте A_1, а менее высокомолекулярная, агрессивная подвижная фракция (типа фульвокислот) проникает ниже, подкисляя и оподзоливая подгумусовый горизонт почвы. При относительно меньшем количестве или отсутствии гуминовых кислот формируются более оподзоленные почвы. С увеличением гумусовых веществ подзолообразование затухает. Бывший малоразвитый горизонт A_1 подзолистых почв,

постепенно увеличиваясь в мощности, приобретает зернистую структуру и получает полное выражение в виде гумусово-аккумулятивного горизонта. В нем синтезируются глинистые минералы и увеличивается содержание гумуса. Вместе с тем в почве нарастает количество элементов зольного питания и обменных оснований, в том числе Ca, Fe, Cu. Увеличиваются также емкость поглощения и насыщенность почвы основаниями. Реакция почвенных растворов приближается к нейтральной.

Травянистая растительность создает более благоприятные условия для своего развития, успешно конкурируя с лесом (рис. 22).

Рис. 22. Вытеснение древесных насаждений травянистой растительностью. Видна суховершинность и изреженность сосны и ели. Подмосковье.

Подзолистые почвы под влиянием развивающегося дернового процесса почвообразования утрачивают подзолистость и тем скорее, чем они были менее оподзолены.

С накоплением на поверхности почвы органического вещества отмершей травянистой растительности в условиях застойного водного режима дерново-подзолистые почвы переходят в заболоченные. На смену дерново-подзолистому процессу почвообразования приходит болотный, а почвы из дерново-подзолистых переходят в почвы болотного типа почвообразования (рис. 23). Это яв-

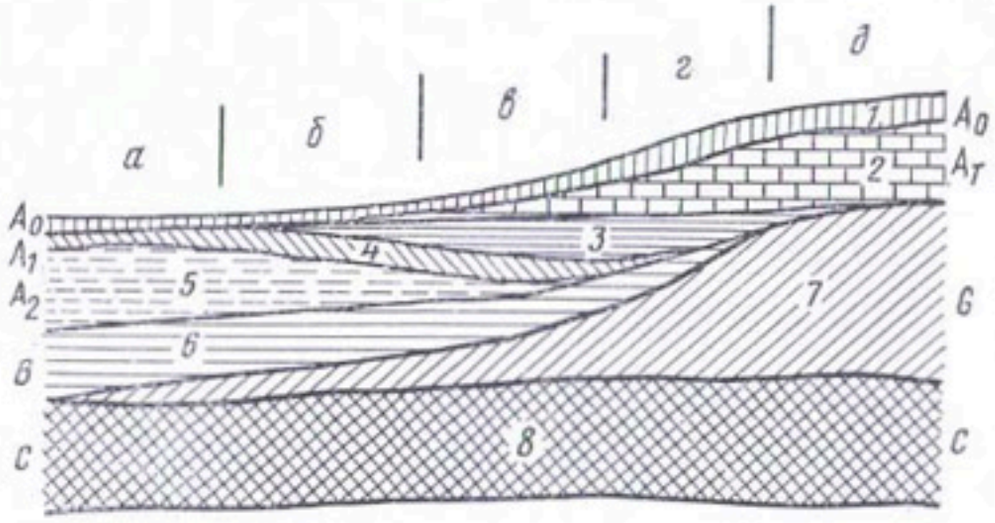


Рис. 23. Схема перехода от подзолистых почв к торфоболотным:

а — подзолистые; *б* — дерново-подзолистые; *в* — торфянисто-глеевые; *г* — торфяно-глеевые; *д* — торфяники. Горизонты почвы: *1* — A_0 — очес; *2* — A_T — торф; *3* — A_{nT} — полуторфянистый; *4* — A_1 — гумусовый; *5* — A_2 — подзолистый; *6* — *B* — иллювиальный; *7* — *G* — глеевый; *8* — *C* — материнская порода.

ление сложное и многообразное, если принять во внимание разнообразие почвообразующих пород, растительности, форм земной поверхности, гидрологических и микроклиматических условий и т. д.

Большое влияние на ход подзолистого и дерново-подзолистого почвообразования оказывает материнская порода. Породы легкого механического состава, обедненные основаниями и зольными элементами питания растений, способствуют подзолообразованию. Суглинистые материнские породы, несмотря на относительное богатство основаниями, способствуя временному переувлажнению, оподзоливаются не в меньшей степени. На карбонатных породах (лессе, лессовидных суглинках, мергелях и карбонатной морене) процесс оподзоливания идет замедленно вследствие богатства пород кальцием. На таких породах, где кальций нейтрализует фульвокислоты, создаются благоприятные условия для жизнедеятельности микробов и накопления аморфного гумуса. На карбонатных наносах лучше развиваются широколиственные породы, которые местами вклиниваются в таежные леса. Подзолистые почвы в этом случае переходят в дерново-подзолистые, утрачивая полностью остаточную подзолистость под влиянием наложения дернового почвообразования.

На таких породах, как мел, известняк, мергель и другие горизонт A_1 достигает мощности 20—25 см и более, а количество гумуса — 10—12 %. Такие почвы обладают высокой емкостью поглощения (50—60 мэкв на 100 г почвы), полной насыщенностью основаниями, pH — 7—7,5. В этих условиях возникает комковато-зернистая структура гумусо-аккумулятивного горизонта и увеличивается влагоемкость, а также растет мощность корнеобитаемой зоны. Так создаются р е н д з и н ы — гумусово-карбонатные почвы.

На богатом основаниями элювии пермских пестроцветных мергелей и глин Среднего Предуралья образуются дерново-подзолистые почвы, отличающиеся от подобных почв других районов СССР повышенным содержанием гумуса, большей емкостью почвенного поглощающего комплекса и повышенным плодородием. Эти почвы выделяются в особую Предуральскую почвенную провинцию дерново-подзолистых почв.

§ 31. Классификация и характеристика почв таежно-лесной зоны

Почвенный покров таежно-лесной зоны в основном представлен подзолистыми, дерновыми, болотными и мерзлотными луговолесными почвами. В поймах многочисленных рек широко распространены аллювиальные почвы, которые рассмотрены в главе XVII.

Классификация основных почв таежно-лесной зоны представлена в таблице 9.

Подзолистые почвы. Основной фон почвенного покрова страны (7 млн. км², или 38 % территории) составляют подзолистые почвы вместе с интразональными. Они сформировались в условиях влаж-

9. Классификация почв таежно-лесной зоны

Типы почв	Подтипы почв
Подзолистые	Глееподзолистые
	Подзолистые
	Дерново-подзолистые
Болотно-подзолистые	Торфянисто-подзолистые поверхностно-оглеенные
	Торфянисто-подзолистые грунтово-оглеенные
	Перегнойно-подзолистые поверхностно-оглеенные
	Перегнойно-подзолистые грунтово-оглеенные
	Дерново-подзолистые поверхностно-оглеенные
	Дерново-подзолистые грунтово-оглеенные
Дерновые литогенные	Дерновые литогенные насыщенные
	Дерновые литогенные кислые
	Дерновые литогенные оподзоленные
Дерново-карбонатные	Дерново-карбонатные типичные
	Дерново-карбонатные выщелоченные
	Дерново-карбонатные оподзоленные
Дерново-глеевые	Дерново-поверхностно-глееватые
	Дерново-грунтово-глееватые
	Перегнойные поверхностно-глееватые
	Перегнойно-грунтово-глееватые
Мерзлотные лугово-лесные	Мерзлотные лугово-лесные глееватые
	Мерзлотные лугово-лесные типичные
	Мерзлотные лугово-лесные остепненные
Торфяные болотные верховые	Болотные верховые торфяно-глеевые
	Болотные верховые торфяные
Торфяные болотные низинные	Болотные низинные торфяно-глеевые
	Болотные низинные торфяные

ного холодного климата (промывной водный режим). Среднегодовое количество атмосферных осадков в зоне их распространения превышает испарение. В европейской части осадки составляют около 600 мм в год, в Западной Сибири — 420—560 мм, в Восточной — 150—250 мм, на Амуре — до 500 мм. Среднегодовая температура изменяется в широких пределах: от 4 °С в европейской части до —10 °С в Якутии.

Территория распространения подзолистых почв делится на равнинную (западнее Енисея) и плоскогорную. В европейской части они сформировались как на возвышенностях (Литовско-Белорусская, Валдайская, Смоленско-Клинско-Дмитровская гряда, Северные увалы), так и в пониженных местах (Полесско-Днепровская, Верхне-Волжская, Окско-Мокшинская, Мещерская низменности). На формирование поверхности равнинных территорий большое влияние оказали ледники. Рельеф возвышенностей холмисто-волнистый, расчленен водотоками. Низменности слабоволнистые, с большим количеством мелких озер и обширных заболоченных массивов.

Почвообразующие породы весьма разнообразны: моренные отложения разного механического состава, покровные суглинки и глины, водно-ледниковые песчаные отложения, древнеаллювиальные отложения, ленточные глины, элювий и делювий коренных по-

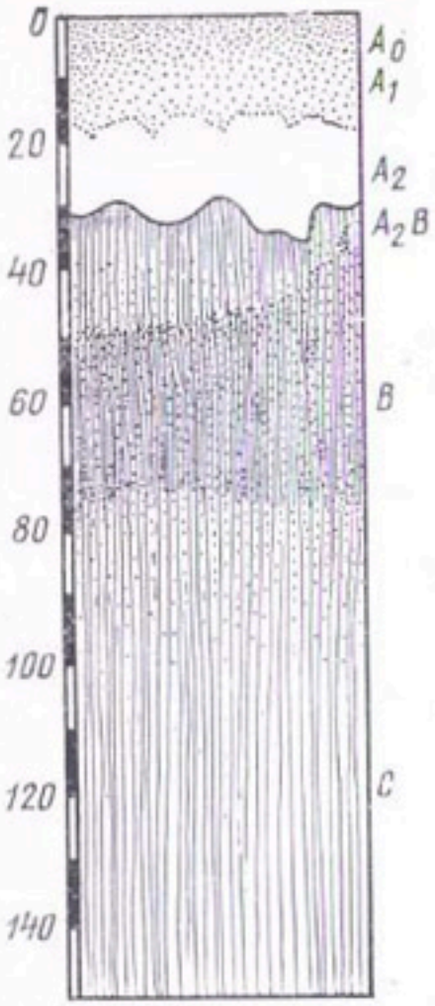


Рис. 24. Дерново-подзолистая почва.

род. Растительность представлена древесной — лесной и травянистой — луговой и болотной формациями.

Большое различие факторов и условий почвообразования (различные рельефные условия, разнообразные почвообразующие породы, гидрологические и гидрогеологические условия) привело к тому, что внутри зоны распространения подзолистых почв сформировались и другие почвы — дерновые, болотно-подзолистые, болотные и др.

Подзолистые почвы имеют ярко выраженный почвенный профиль, на котором отчетливо выступают все генетические почвенные горизонты (рис. 24).

С поверхности залегает горизонт A_0 мощностью до 3—6 см. Состоит он преимущественно из опада прошлого года — хвои, листьев, шишек, их чешуек, кусков коры с разной степенью разложения. Гумусово-аккумулятивный горизонт A_1 развит очень слабо, маломощный. Обычно на профиле выделяют или горизонт с грубым гумусовым слоем A_0A_1, или промытый горизонт A_1A_2. Мощность этого переходного слоя не более 3—5 см. Наиболее отчетливо выражен подзолистый элювиальный горизонт мощностью до 30 см белесой, светло-серой или палевой окраски, с пластинчато-листоватой структурой, часто бесструктурный. В нем встречаются железомарганцевые конкреции, охристо-ржавые пятна. Эти пятна чаще встречаются в переходном горизонте A_2B, под которым расположен иллювиальный горизонт B бурой, желто-бурой или красно-бурой окраски, уплотненный, с ореховато-призматической структурой (при суглинистом и глинистом механическом составе). Мощность горизонта B колеблется в широких пределах — от 20 до 120 см.

Подзолистые почвы песчаного механического состава отличаются от суглинистых. Горизонт A_2 в них очень светлый, почти белесой окраски, мучнистый, бесструктурный, резко переходит в горизонт B. Последний менее растянутый, резко выражен, часто сильно сцементирован, почти водонепроницаемый.

Состав подзолистых почв характерен малым содержанием гумуса (до 1—2 %). Горизонты A_1 и A_2 в результате выщелачивания характеризуются кислой реакцией (pH снижается до 4, а иногда ниже), большим содержанием кремнезема и пониженным количеством полуторных окислов (табл. 10). Эти горизонты бедны илом, который или разрушается, или вымывается вниз.

10. **Валовой химический состав подзолистых почв** (по И. Ф. Голубеву)

Горизонт	Содержание (в %)									Сумма поглощенных оснований (в мэкв/100 г почвы)
	гумуса	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	P_2O_5	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	
A_1/A_2	0,8	78,3	7,94	2,8	0,09	1,54	0,86	2,05	1,72	14
A_2	0,1	81,2	7,62	2,1	0,03	1,07	0,52	1,84	1,60	12
B_1	0,2	74,3	11,82	4,3	0,08	2,64	1,08	2,41	1,92	20

Подзолистые почвы характерны ненасыщенностью основаниями. В состав поглощенных катионов входят водород и алюминий, которые в горизонте A_2 могут даже преобладать над кальцием и магнием. Обменный водород делает почву кислой.

Нижний иллювиальный горизонт B обогащен коллоидами; он более плотный и менее влагопроницаемый, чем горизонт A. Этим объясняется увеличение плотности почвы от 1,2 г/см^3 в горизонте A_1 до 1,6 г/см^3 в B_2, соответственно снижается и пористость — с 0,55 до 0,40. Уплотнение горизонта B приводит к переувлажнению подзолистой почвы.

Подзолистые почвы подразделяются на подтипы: глееподзолистые, подзолистые типичные и дерново-подзолистые.

Глееподзолистые почвы формируются под северотаежными хвойными и смешанными лесами с мохово-лишайниково-кустарниковым покровом на суглинистых породах. Имеют переходный оглеенный горизонт A_2B_g, на поверхности почвы образуется торфянистая подстилка.

Верхние горизонты глееподзолистых почв сильнокислые (pH до 2—4), малогумусные. Горизонт B оглеенный, содержит буровато-палевые и белесовато-сизоватые пятна.

Подзолистые типичные почвы формируются под среднетаежными хвойными лесами с моховым покровом на различных породах. Наиболее распространенные роды подзолистых почв: остаточно-карбонатные, контактно-глеевые (формируются на двучленных породах), иллювиально-гумусовые (образуются на песках и супесях), иллювиально-железистые (на песках). Подзолистые почвы по видам делятся на слабо-, средне-, сильноподзолистые и подзолы, а также по глубине оподзоливания.

Дерново-подзолистые почвы формируются в южной тайге под хвойно-широколиственными, хвойно-мелколиственными, мохово-травянистыми и травянистыми лесами. Для них характерна более мощная лесная подстилка (до 7 см), гумусовый горизонт A_1 достигает 20 см, оструктуренный; горизонт B — бурый, коричневато-бурый. По мере углубления в дерново-сильноподзолистой почве уменьшается содержание гумуса и кислотность, возрастает количество SiO_2 (в горизонте A_2), сумма поглощенных оснований (в горизонте B_3) и степень насыщенности ими. Горизонты A_1 и особенно A_2 обеднены поглощенным кальцием (табл. 11). Повышен-

ное содержание поглощенного кальция наблюдается в горизонте A_1 дерново-слабооподзоленных почв вследствие биогенной аккумуляции.

11. **Химический состав дерново-сильноподзолистой почвы**
(по Н. П. Ремезову и В. Л. Новороссовой)

Генетический горизонт	Глубина отбора образца (в см)	Содержание гумуса (в %)	Валовой состав (в % на безгумусовую навеску)			Поглощенные катионы почвы (в мэкв/100 г почвы)				Степень насыщенности (в %)	pH солевой вытяжки
			SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Ca	Mg	H	сумма		
A_1	2—8	3,2	78,4	14,1	3,8	6	2	6	14	57	4,6
A_2	15—25	1,1	80,8	12,6	3,1	3	1	4	8	50	4,6
B_1	40—45	0,4	76,4	14,2	4,2	6	2	5	13	62	4,4
B_2	65—75	0,2	72,2	17,3	5,2	12	4	4	20	80	4,8
B_3	90—100	—	71,8	19,5	4,8	14	5	4	23	83	4,8
C_1	120—130	—	70,4	18,6	4,5	10	3	2	15	87	4,8

У некоторых дерново-подзолистых почв иногда имеется второй гумусовый горизонт в верхней части иллювия на глубине 25 см и более, образующийся в результате вмывания.

Физические свойства этих почв приведены в таблице 12. Как видно из данных таблицы, с глубиной наблюдается увеличение плотности и уменьшение пористости. С увеличением пористости в верхних горизонтах возрастает влагоемкость и т. д.

12. **Физические свойства дерново-среднеподзолистой тяжелосуглистой почвы**
(по Н. А. Качинскому)

Горизонт	Плотность (в г/см³)	Плотность твердой фазы (в г/см³)	Пористость (в %)			Влагоемкость (в % от массы сухой почвы)		Максимальная гигроскопичность (в %)	Водопроницаемость за 10 мин. (в см)	Набухание при капиллярном насыщении (в %)
			общая	капиллярная	некапиллярная	полная	капиллярная			
A_n	1,33	2,61	48,9	46,7	2,2	36,4	35,3	3,07	20,5	3,50
A_2	1,58	2,65	40,2	36,4	3,8	24,2	23,0	2,70	74,5	2,60
B_1	1,63	2,68	39,4	38,0	1,4	24,0	23,4	4,49	0,27	0,64
B_2	1,60	2,72	41,3	39,3	2,0	25,7	24,7	6,53	0,01	3,44
C_1	1,64	2,70	39,5	39,4	0,1	25,0	24,3	6,57	0,02	3,73
C_3	1,71	2,68	36,3	34,4	1,9	21,0	20,3	4,98	—	—

Механический состав дерново-подзолистых почв изменяется с их возрастом под влиянием подзолообразовательного процесса вследствие выноса из верхних горизонтов почвы илистых частиц (меньше 0,001 мм) и перемещения их вниз. В верхних горизонтах почвы со временем увеличивается количество песчаных частиц (больше 0,01 мм). Реже в результате подзолистого процесса почвообразования в песчаных почвах возрастает количество тонких фракций механического состава.

Болотно-подзолистые почвы распространены среди почв подзолистого типа на слабодренированных элементах рельефа, которые характеризуются временным застоем атмосферных вод или высоким стоянием грунтовых вод. Эти почвы являются одним из главных объектов осушительных мелиораций, широко осуществляемых в Нечерноземной зоне РСФСР.

Довольно устойчивое сезонное переувлажнение почвенного профиля вызывает развитие в нем процессов оглеения и торфообразования. Мощность органогенного горизонта A_0 5—30 см; он может состоять из лесной подстилки или мохового очеса, слаборазложившегося торфянистого, среднеразложившегося гумусово-торфяного и сильноразложившегося гумусового горизонта.

Гумусовый горизонт A_1 мощностью 10—15 см темноокрашен, зернисто-комковатый. Подзолистый горизонт A_{2g} оглеенный, мощностью от 5 до 50 см, светлоокрашен, сизоватый, бесструктурный. Иллювиальный горизонт B_g также часто оглеенный, мощность его от 20 до 50 см; много содержит сизоватых и охристых пятен, имеет ортзандовые прослойки и скопления ортштейнов. Горизонт C_g — почвообразующая порода, при мелком залегании грунтовых вод сильно оглеен и переходит в водоносный горизонт. При отсутствии грунтового типа водного питания оглеение в нем отсутствует.

Болотно-подзолистые почвы кислые, содержание гумуса в них резко уменьшается с глубиной, поверхностные слои обогащены кремнеземом и бедны полуторными окислами, в оглеенных горизонтах много подвижного железа. Они отличаются пониженной водопроницаемостью.

В зависимости от причин переувлажнения (типа водного питания), механического состава растительного покрова, степени оглеения отдельных горизонтов они подразделяются на подтипы (см. табл. 9):

торфянисто-подзолистые поверхностно-оглеенные — образуются при атмосферном типе водного питания, в горизонте A_0 содержится торф различной степени разложения, горизонты A_2 и B оглеенные;

торфянисто-подзолистые грунтово-оглеенные — образуются при грунтовом типе водного питания, оглеение наблюдается в нижней части профиля;

перегнойно-подзолистые поверхностно-оглеенные — для них характерна слабая оторфованность горизонта A_0, хорошо развитый гумусовый горизонт A_1, горизонт A_2 оглеенный, в горизонте A_1 содержится 20—25 % гумуса;

перегнойно-подзолистые грунтово-оглеенные практически не имеют лесной подстилки, гумусовый горизонт A_1 мощностью 10—20 см, глыбистый в сухом состоянии, оглеение увеличивается с глубиной, горизонт C — сильно оглеенный, водонасыщенный;

дерново-подзолистые поверхностно-оглеенные содержат дерновый гумусовый горизонт A_d в виде слоя слаботорфованной дернины мощностью 5—6 см, гумусовый горизонт A_1 серый, темно-серый, слитокомковатый, горизонты A_2 и B оглеенные; эти почвы распространены под южнотаежными лесами и влажными лугами;

дерново-подзолистые грунтово-оглеенные формируются под южнотаежными лесами на песчаных отложениях при грунтовом типе водного питания, имеют хорошо развитый дерновый гумусовый горизонт A_d мощностью 10—20 см, горизонт A_2 — подзолистый, серо-белесый, горизонт B — иллювиальный, обогащенный гумусом (до 2—10 %), охристо-бурых тонов, в нижней части оглеенный и переходящий в глеевый горизонт G, водонасыщенный.

Дерновые литогенные почвы образуются на хорошо дренируемых участках под хвойными и хвойно-лиственными лесами на элювии коренных пород, состав и свойства которых препятствуют проявлению процесса подзолообразования, например на породах, богатых силикатными формами кальция и магния, железом, а также на сланцах. Кальций, магний, железо освобождаются в процессе выветривания и нейтрализуют кислотность почвы.

Для дерновых литогенных почв типично следующее строение: горизонт A_0 — лесная подстилка мощностью 1—5 см состоит из побуревшего лесного опада и веточек, рыхлая, слаборазложившаяся; горизонт A_1 — гумусовый мощностью 3—15 см, буровато-серый или темно-серый, мелкокомковатый, в нижней части иногда со следами оподзоливания; B — переходный горизонт с плавным переходом, неотчетливый.

Дерновые литогенные почвы отличаются от подзолистых высоким содержанием гумуса (7—9 %), слабой дифференциацией профиля, высокой насыщенностью основаниями; подразделяются на подтипы: насыщенные, кислые и оподзоленные (см. табл. 9).

Дерновые литогенные насыщенные почвы наиболее плодородны, их реакция близка к нейтральной, гумуса — до 9 %. Дерновые литогенные кислые почвы содержат 2—4 % гумуса, образуются на сланцах, песчаниках, железосодержащих породах. Почвы, развитые на сланцах, не насыщены основаниями, в составе почвенно-поглощающего комплекса преобладает алюминий.

Дерновые литогенные оподзоленные почвы по сравнению с насыщенными беднее гумусом, подвижными формами азота, фосфора и калия, обеднены илом и полуторными окислами.

Дерново-карбонатные почвы развиваются в тех же природных условиях, что и подзолистые почвы, но на горных породах, содержащих карбонаты кальция. Формируются при промывном водном режиме, в автоморфных условиях (при глубоко залегающих грунтовых водах). Кальций в этих почвах нейтрализует кислые продукты разложения растительных остатков, подавляя процесс оподзо-

ливания. Органическое вещество закрепляется в верхней части профиля, образуя гумусовый горизонт, мощностью от 10 до 35 см, темноокрашенный, зернистый, с обломками известковистых пород. Горизонт *B* — переходный, сероватый или бурый, зернисто-комковатый или ореховатый.

Дерново-карбонатные почвы подразделяются на типичные, наиболее богатые гумусом (до 20 %), с большой емкостью поглощения и высокой степенью насыщенности основаниями; выщелоченные, содержащие не более 3—5 % гумуса, слабокислые; оподзоленные, обедненные илом, со следами оподзоливания в нижней части горизонта *A*.

Дерново-глеевые почвы развиваются при повышенном увлажнении на карбонатных породах под таежными лесами и луговой растительностью. Из-за повышенного увлажнения имеются обособленные глеевые горизонты. Обычно эти почвы имеют следующее строение: горизонт A_0 — лесная подстилка, мощностью от 5 до 30 см, состоит из подгоризонтов с различной степенью разложения растительных остатков; горизонт A_1 — гумусовый, мощностью 20—30 см, темно-серый, комковато-зернистый, со следами оглеения; горизонт *B* — переходный, грязно-бурый, всегда оглеен, структура творожистая или творожисто-зернистая; горизонт *C* (*G*) — почвообразующая порода, может быть сильно оглеенной, водонасыщенная.

Дерново-глеевые почвы богаты гумусом — в горизонте A_1 от 3 до 14 %. Верхние горизонты этих почв имеют нейтральную или слабокисляую реакцию, нижние — слабощелочную. Степень насыщенности основаниями высокая — 70—90 %.

Подразделяются эти почвы на следующие подтипы в зависимости от растительного покрова, рельефных условий и причин повышенного увлажнения (поверхностные или грунтовые воды): дерново-поверхностно-глееватые, дерново-грунтово-глееватые, перегнойные поверхностно-глееватые и перегнойные грунтово-глееватые.

Мерзлотные лугово-лесные почвы формируются на землях с близким (2—4 м) залеганием многолетней мерзлоты. Распространены эти почвы на огромной территории Восточной Сибири и занимают площадь около 200 млн. га.

Среднегодовая температура территории от —3° до —12 °С и ниже обусловливает отрицательный тепловой баланс, с чем и связано возникновение постоянной мерзлоты.

Годовое количество атмосферных осадков обычно 250—300 (350) мм, а испаряемость или равна, или больше величины осадков, поэтому характерна летняя засушливость климата. В теплый период года почва оттаивает на разную глубину, местами на 1—2 м и более, но корневая система растений распространяется только в верхней более теплой части оттаявшего слоя. В засушливый период в верхних горизонтах почвы количество влаги уменьшается до мертвого запаса, и растения вынуждены использовать влагу капиллярной каймы надмерзлотного горизонта. В горизонте иссу-

шения создаются условия для накопления карбонатов и водорастворимых веществ, транспортируемых снизу из надмерзлотного горизонта и сверху при промывании почвы весной. Поверхностное переувлажнение местами сопровождается заболачиванием почв, что проявляется в некоторой торфянистости горизонта A_1.

Горизонт постоянной мерзлоты препятствует стоку и выносу веществ за пределы талого слоя почвы. Отсутствие выноса веществ из надмерзлотной толщи обусловливает насыщение почвы бикарбонатами щелочной и щелочноземельных оснований. С этим связано образование карбонатов, а также нейтральной или слабощелочной реакции, высокой емкости поглощения и насыщенности основаниями, а также солонцеватости, осолодения и даже солончаковости почв.

Мерзлотные лугово-лесные почвы образуются под березовыми с примесью лиственницы и осины лесами с богатым травостоем, встречаются на луговых полянах среди лесов.

Морфологическое строение этих почв следующее: A_0 — лесная подстилка, мощностью 5—10 см, в нижней части имеет гумусовый характер, обычно чем выше в профиле почвы многолетняя мерзлота, тем мощнее подстилка; A_1 — гумусово-аккумулятивный горизонт различной мощности, черно-серый; B — переходный горизонт мощностью 50—100 см, грязно-бурый, иногда оглеенный; C — почвообразующая порода, как правило, тяжелого механического состава, с глубины 150—350 см — многолетнемерзлая.

Эти почвы содержат много гумуса (7—15 %), верхняя часть почвенного профиля имеет кислую реакцию (pH 3,5—5,0), нижняя — или кислую, или слабощелочную, если почвообразующие породы карбонатные. Емкость поглощения почв невелика — до 35—40 мэкв/100 г почвы, насыщенность основаниями — до 90—95 %.

Подразделяются мерзлотные почвы на лугово-лесные глееватые, типичные и остепненные.

Мерзлотные лугово-лесные глееватые почвы образуются в условиях повышенного увлажнения или на склонах северных экспозиций. Имеют лесную подстилку мощностью 8—10 см, в нижней части хорошо разложившуюся, в виде темно-бурого гумусового горизонта. Гумусовый горизонт имеет мощность 15—20 см, желтосерый. Переходный горизонт мощностью 50—100 см оглеенный, грязно-бурый с сизыми пятнами. Гумуса эти почвы содержат до 8—12 %, реакция кислая, насыщенность основаниями высокая.

Мерзлотные лугово-лесные типичные почвы имеют менее мощную лесную подстилку, гумусовый горизонт более мощный, до 25—30 см, темно-серый, с содержанием гумуса до 8—15 %, горизонт B не имеет следов оглеения, в нижней части проявляются карбонатные выделения.

Мерзлотные лугово-лесные остепненные почвы высокогумусны, реакция по всему профилю близка к нейтральной, степень насыщенности основаниями — 90—95 %.

§ 32. Сельскохозяйственное использование и мелиорация почв таежно-лесной зоны

Таежно-лесная зона слабо освоена в сельскохозяйственном отношении. Она таит в себе громадные земельные ресурсы для дальнейшего развития земледелия и животноводства. Значение этой зоны в решении Продовольственной программы огромно. Свидетельством этого является большой объем работ по подъему сельского хозяйства в Нечерноземной зоне РСФСР, грандиозные работы по освоению природных сырьевых ресурсов Западной Сибири, освоение земель в зоне Байкало-Амурской магистрали в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке.

В этой зоне сосредоточены основные лесные богатства страны. Работы по освоению этих богатств и лесовосстановлению также связаны с использованием почв зоны и их улучшением.

В настоящее время в таежно-лесной зоне распахано около 6% территории (без горных районов), или около 47 млн. га, что составляет $^1/_5$ всех пахотных земель страны. Луга, выгоны и пастбища занимают 13 %, леса и кустарники — 53, болота — 22, неудобные земли — 6 %. Основными культурами растениеводства в зоне являются: озимая рожь, пшеница, ячмень, овес, лен, картофель, овощи, однолетние и многолетние травы. Климатические условия во многих районах зоны, особенно в европейской части страны, позволяют получать высокие урожаи этих культур.

Наиболее освоены западные и южные районы зоны европейской части СССР, где в отдельных областях распахано до 40 % территории; в азиатской части страны распахано не более 0,6 % территории.

В большей степени освоены дерново-подзолистые почвы, дерново-карбонатные, дерново-глеевые. С развитием осушительных мелиораций в сельское хозяйство вовлекается все больше болотно-подзолистых почв.

Природное плодородие почв зоны различно: зависит оно от климатических ресурсов, свойств почв (содержания гумуса, степени оподзоленности, реакции почвенного раствора), водного режима и др. и в целом не очень высокое в сравнении, например, с почвами степной зоны. Однако потенциальное плодородие этих почв при высокой степени окультуренности и при осуществлении хозяйственных мелиораций большое. Доказательством этому являются высокие урожаи сельскохозяйственных культур, получаемые в передовых хозяйствах. Этому способствует достаточное количество тепла для культивируемых растений, большая продолжительность дня, хорошее увлажнение, удобный рельеф, высокая отзывчивость почв на удобрения и мелиоративные воздействия.

Вместе с тем сравнительная маломощность гумусового горизонта, небольшое содержание гумуса, повышенная кислотность, пониженная водопроницаемость глинистых горизонтов, переувлажненность некоторых почв, засоренность камнями, закустаренность требуют проведения культуртехнических, агромелиоратив-

ных и гидромелиоративных мероприятий. Мерзлотные луговолесные почвы требуют также и тепловых мелиораций. Так, 53 % почв Нечерноземной зоны РСФСР нуждается в известковании, 15 % — в осушении, 12 % — в очистке от кустарника, 4 % — в очистке от камней; 12 % почв подвержено водной эрозии. Первоочередным мероприятием, повышающим плодородие дерново-подзолистых почв, является их окультуривание: создание мощного структурного пахотного горизонта, нейтрализация кислотности, устранение избытка влажности, повышение содержания гумуса и зольных элементов. Это достигается применением высокой агротехники, внесением в почву извести, навоза, торфа, компоста и минеральных удобрений, а также сидерацией (посев и запашка люпина и других трав на зеленое удобрение), удалением камней и валунов. При вспашке почвы на глубину 20—25 см и более в пахотный слой почти всегда вовлекается бедный подзолистый горизонт A_2, который разбавляет горизонт A_1. Поэтому пахотный слой увеличивают постепенно, применяя обильное удобрение, обогащая почву органическим веществом и известью. Для улучшения дерново-подзолистых и подзолистых почв большое значение имеет своевременная обработка. Весенняя вспашка лучше, чем осенняя, так как почва, вспаханная весной, сохраняет рыхлое сложение в течение всего вегетационного периода, вспаханная же осенью успевает уплотниться к вегетационному периоду. В уплотненной почве увеличивается запас недоступной влаги, а в разрыхленной — уменьшается.

При вырубке леса и распашке почвы прекращается поступление на ее поверхность лесного опада, уничтожаются лесная подстилка и наземная растительность, в результате чего изменяются биологический, химический и физический режимы почвы.

В окультуренных почвах при относительной неизменности природных факторов создаются благоприятные условия для сохранения запасов гумуса, так как подзолистый процесс задерживается (подавляется). В сильноокультуренных почвах подзолистый почвообразовательный процесс прекращается в результате производственной деятельности человека при возделывании сельскохозяйственных культур, способствующих развитию дернового процесса почвообразования.

В процессе окультуривания в почве увеличиваются мощность гумусового горизонта и содержание элементов питания, уменьшается кислотность, повышается емкость поглощения и степень насыщенности, улучшается структура почвы и ее водопрочность. Кроме того, увеличивается подвижность фосфорной кислоты и возрастает нитрификация (рис. 25).

Большое значение приобретает известкование кислых дерново-подзолистых почв. Известь устраняет вредное действие подвижных соединений алюминия, ненасыщенность и кислотность. При известковании уменьшаются растворимость и потери гумуса, улучшаются физические свойства и усиливается микробиологическая деятельность, благодаря чему накапливаются элементы питания растений. Значение известкования увеличивается в комплексе с

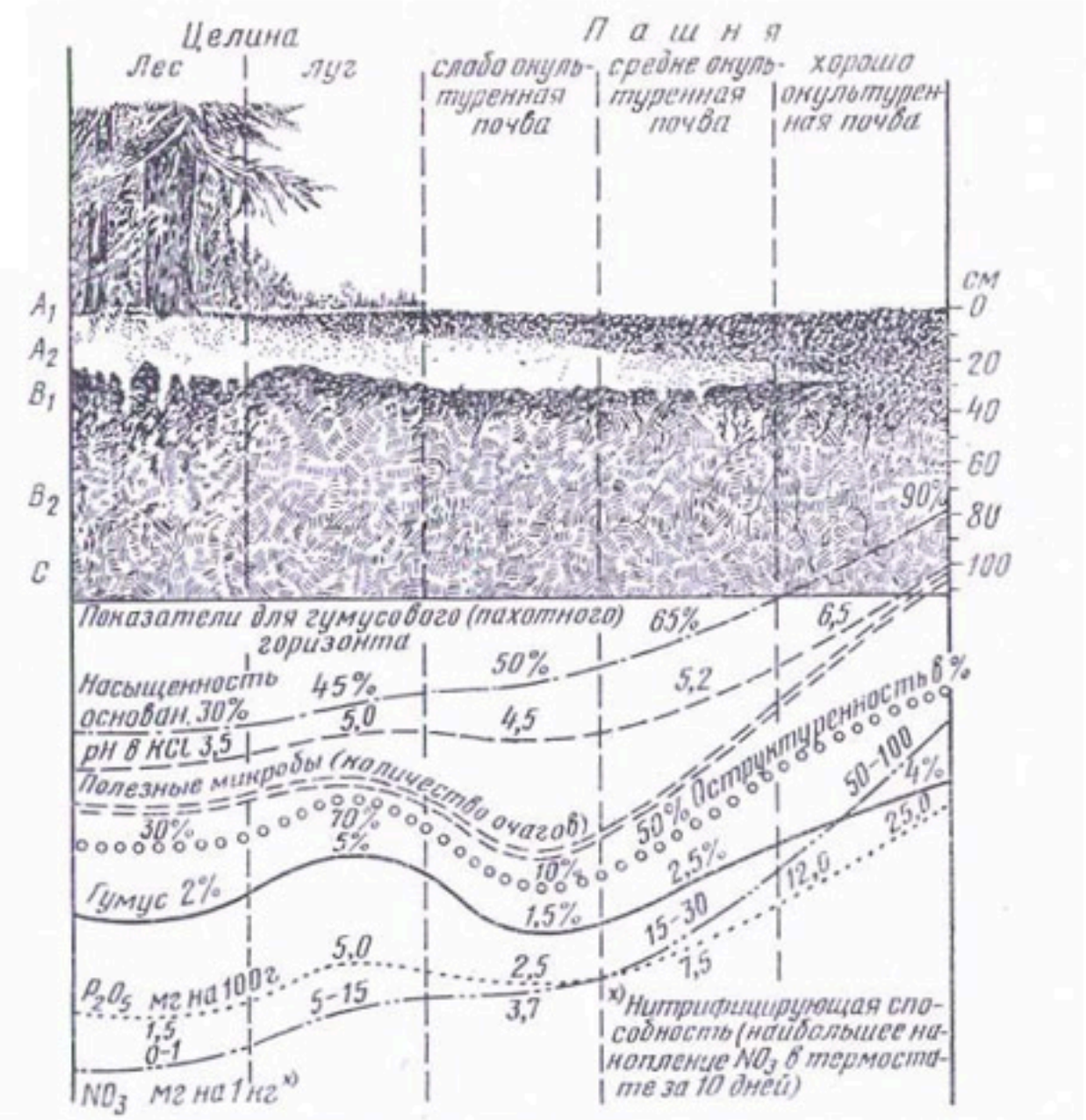


Рис. 25. Изменение свойств подзолистых почв при окультуривании (по Н. Л. Благовидову).

другими мероприятиями по окультуриванию дерново-подзолистых почв (углубление пахотного слоя, применение органических и минеральных удобрений и т. д.). Известкование оказывает положительное действие в течение ряда лет и является важным приемом улучшения физических и биологических свойств подзолистых и дерново-подзолистых почв, но оно не заменяет удобрения.

Известкование и систематическое применение органических и минеральных удобрений постепенно задерживают подзолистый почвообразовательный процесс и способствуют дерновому.

Ориентировочные показатели окультуренности почв следующие. У слабоокультуренных дерново-подзолистых почв мощность горизонта $A_п$ обычно не превышает 20 см, структура слабо выражена. Содержание гумуса 2—2,5 %, насыщенность почв основаниями не поднимается выше 55 %, pH солевой вытяжки достигает 4—5. У среднеокультуренных дерново-подзолистых почв мощность пахотного слоя достигает 25 см, комковатая структура хорошо выражена. Содержание гумуса достигает 3%, насыщенность основаниями 55—75 %, pH повышается до 5—5,5. У сильноокультуренных

дерново-подзолистых почв мощность пахотного горизонта превышает 25 см. Структура хорошая, комковатая. Содержание гумуса в $A_п$ 5—6 % и более, pH солевой вытяжки приближается к 6—7, насыщенность почвы основаниями более 75 %. Содержание P_2O_5 у слабоокультуренных почв 4—5, у среднеокультуренных 5—15, у сильноокультуренных >15 мг/100 г.

Плодородие глееподзолистых, дерново-глеевых и болотно-подзолистых почв снижается в результате заболачивания. Летом корни полевых культур в анаэробных условиях склонны загнивать, а озимые иногда погибают вследствие вымокания и выпревания. Заболоченные почвы нуждаются в коренном улучшении водного режима ускорением поверхностного стока, понижением уровня грунтовых вод и устранением водонепроницаемости иллювиального горизонта. При осушении торфянистый горизонт болотно-подзолистых почв минерализуется, а оглеение постепенно исчезает. С распашкой дерново-глеевых почв в первые годы происходит осветление гумусового горизонта и уплотнение почвы. Серо-сизые тона глеевого горизонта при осушении сменяются желтоватыми и охристо-ржавыми. Уменьшается содержание органического вещества и поглощенных катионов. Возрастает плотность почвы, снижается пористость. Осушение и распашка положительно воздействуют на нитратный режим дерново-глеевых почв.

При осушении и окультуривании болотно-подзолистых почв подзолистый и глеевый процессы почвообразования постепенно затухают и прекращаются, одновременно уменьшается и исчезает горизонт A_2. В гумусовом горизонте улучшается состав органического вещества вследствие уменьшения содержания фульвокислот и увеличения содержания гуматов кальция. При окультуривании заболоченных почв повышается емкость поглощения почвы и увеличивается содержание поглощенного кальция и магния, в результате уменьшается содержание обменного водорода и алюминия. Кислая реакция почвы постепенно становится слабокислой и даже нейтральной. Возрастает активность нитрификаторов и азотобактера, который в неокультуренных заболоченных почвах встречается редко.

Агромелиоративные мероприятия на глееподзолистых, дерново-глеевых и других минеральных заболоченных почвах необходимо основывать на тщательных почвенно-мелиоративных изысканиях, учитывать анаэробность, оглеенность, оторфованность, а также степень заболачивания, потребность и очередность проведения мелиораций.

Глава X
БОЛОТА И БОЛОТНЫЕ ПОЧВЫ

В СССР площадь болот превышает 70 млн. га, заболоченных почв около 80 млн. га; из этой суммы площадей 25 % приходится на европейскую часть. Запасы торфа в нашей стране составляют около 158 млрд. т, или около 60 % мирового запаса. Болотные

почвы широко распространены в Западно-Сибирской низменности, в Белоруссии и Украинском Полесье, на севере европейской части СССР, в Мещерской низменности, в поймах и дельтах рек.

Необходимо разграничивать болота, болотные и заболоченные почвы.

Болото — обособленный участок поверхности земли с постоянным избыточным увлажнением, с типичной гидрофильной растительностью, где при избытке влаги и отрицательном кислородном балансе создаются анаэробные условия разложения и накопления растительных остатков в виде торфа, мощность которого в неосушенном состоянии превышает 25 см. Болото — понятие географическое. Это элемент природного ландшафта, характеризующийся особыми гидрохимическими и биологическими условиями почвообразования; один из распространенных видов земельных угодий.

Болотные почвы в отличие от других почв избыточно увлажнены и недостаточно аэрированы, характеризуются наличием органического вещества в виде торфа или иловато-торфянистой, гумусовой массы в верхнем слое и выраженным оглеением внизу, а иногда по всему профилю. Встречаются они на всех элементах рельефа, начиная от водоразделов, где чаще приурочены к понижениям, на пологих склонах, террасах, в поймах и дельтах рек.

Заболоченные почвы формируются в условиях длительного переувлажнения и имеют торфянистый горизонт мощностью менее 25 см.

Болотный процесс почвообразования — сложное явление природы. Он отличается не только избытком влаги, анаэробными микробиологическими процессами и развитием болотной растительности, но и связан с термическими, кислотными, особыми окислительно-восстановительными условиями, с длительностью и устойчивостью болотного почвообразования и многими другими факторами. В результате длительной аккумуляции замедленно разлагающегося органического вещества и накопления мощных толщ торфа (до 10 м и более) глубокие слои могут быть обособлены и оторваны от современных болотных образований, превращаясь в геологические залежи органогенных пород. В этом случае на древней залежи органогенной породы в настоящее время возникают торфяные болотные почвы мощного профиля.

Мощная торфяная болотная почва вместе с залежью торфа превращается в торфяник — почвенно-геологическое образование.

§ 33. Процессы образования болот и болотных почв

Процесс образования болот и болотных почв биохимический. Он развивается в анаэробных условиях, где синтез органического вещества медленно, но прогрессивно опережает распад его, сопровождаясь возникновением торфа. Вместе с тем протекает про-

цесс оглеения. Таким образом, торфообразование и оглеение — главнейшие признаки формирования болотных почв.

Причины образования болот и болотных почв. Избыточное увлажнение возникает под влиянием атмосферных осадков, превышающих количество испаряющейся влаги, подтопления почвенно-грунтовыми водами и затопления поверхностным стоком с окружающей территории.

Переувлажнению почвы способствуют выровненные и вогнутые формы земной поверхности, водонепроницаемость и высокая влагоемкость органических слабоминерализующихся остатков отмирающей растительности. Одной из причин избытка влаги является также снижение испаряемости ее из почвы вследствие недостатка тепла и ослабленной транспирации в умеренно холодных зонах. В тундре и сибирской тайге фактором заболачивания почв служит, кроме того, многолетняя мерзлота.

Основные причины образования болот и болотных почв можно свести к следующим группам:

1 — гидрологические: а) избыток осадков при относительно слабой испаряемости почвенной влаги и низких температурах воздуха и почвы; б) избыточный приток поверхностных вод со стороны; в) подтопление грунтовыми водами; г) задержка воды в поверхностных горизонтах почвы из-за возникновения плотного иллювиального горизонта, малой водонепроницаемости почвообразующих пород или наличия в почве горизонта длительной мерзлоты;

2 — биолого-гидрологические: а) высокая влагоемкость органического вещества; б) смена леса заболоченными лугами, переходящими в болота; в) зарастание и прорастание водно-болотной растительностью мелеющих водоемов — озер, стариц, лиманов, отмирающих рукавов дельт и морских заливов.

Болотные почвы наиболее развиты в тундровой и таежно-лесной зоне, особенно в ее северной части. В южных районах страны они меньше распространены. В холодном климате ежегодный прирост растительной массы очень ограничен. К югу от зоны умеренно холодного климата с повышением среднегодовой температуры и температуры вегетационного периода прирост растительной массы хотя и увеличивается, но еще в большей степени возрастает скорость ее минерализации. Поэтому наибольшее количество органических остатков в виде торфяной массы накапливается в умеренно холодном, а не в холодном или теплом климате.

Торфообразование. Формирование торфа в основном протекает в анаэробных условиях и периодически идет по типу гниения отмирающей растительности при участии микроорганизмов (бактерий, грибов) и водорослей, наиболее активных в поверхностном слое. При недостатке кислорода органическое вещество минерализуется не полностью с образованием органических кислот (масляной, уксусной, молочной и др.), замедляющих процесс разложения. Неполный распад органического вещества неизбеж-

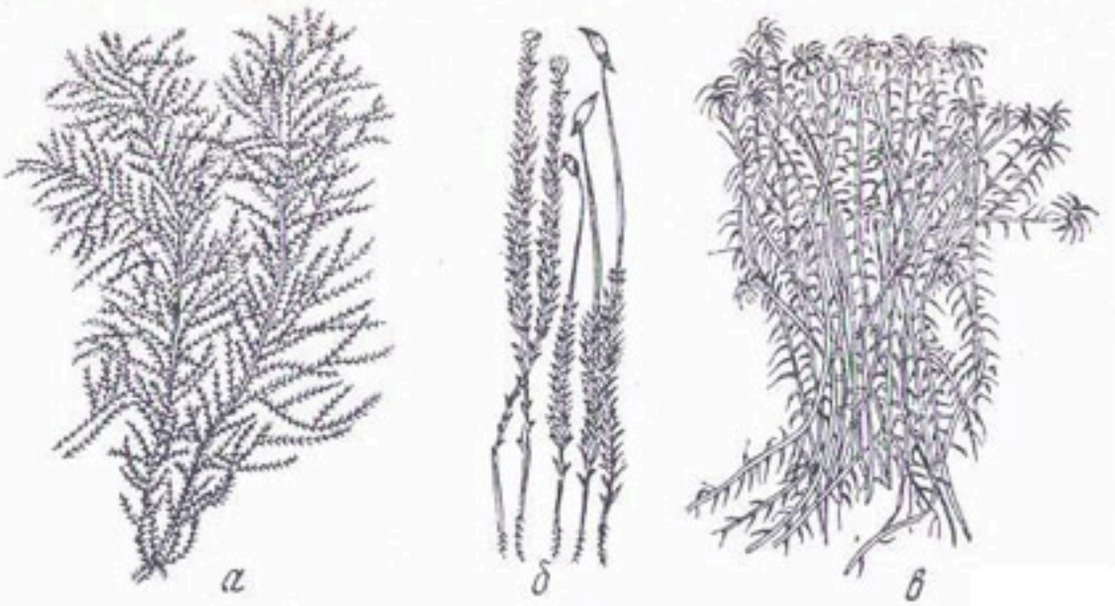


Рис. 26. Мхи:
а — зеленый (гипнум); *б* — кукушкин лен; *в* — сфагнум.

но сопровождается образованием торфа, прогрессивно накапливающегося на поверхности болотной почвы.

Торфообразователями являются травы, чаще однодольные, главным образом из семейства осоковых: осока, пушица, камыш и др. В формировании торфа участвуют также тростник, вейник, шейхцерия, сабельник, трифоль, рогоз, канареечник, таволга, папоротники и хвощи. Из кустарников к торфообразователям относятся: багульник, голубика, кассандра, подбел, клюква, вереск, водяника, ива и др. Из древесных пород торфообразователями часто являются: ольха черная и серая, береза пушистая, сосна обыкновенная, ель, лиственница и др. Из мхов торф образуют белые сфагновые и гипновые зеленые. Пионерской моховой растительностью является кукушкин лен, способствующий заболачиванию почв (рис. 26).

Постоянный анаэробиозис в болотных почвах наблюдается на некоторой глубине от поверхности. Избыточное же увлажнение верхних горизонтов часто носит периодический или сезонный характер. В сухое время года или в течение ряда сухих лет оно исчезает, и в поверхностных горизонтах создаются условия для аэробного разложения — минерализации органического вещества с накоплением гумуса, частичным окислением минеральных веществ, образованием окислов и полуторных окислов и т. д. Это ведет к изменению условий питания растений, что сопровождается сменой микроорганизмов и одних видов болотной растительности другими.

При длительных перерывах анаэробиозиса и смене их окислительными процессами в верхних горизонтах почвы формируются горизонты сильно разложившегося торфа. Такие прослойки торфа или скачкообразное изменение степени разложения его свидетельствуют о прерывистом образовании торфяной залежи. О более длительных перерывах говорят одновозрастные прослойки минерализованного торфа в виде пограничного горизонта, встречающиеся повсеместно в толще торфа.

При торфообразовании на отмершей части растительности вначале развиваются неспороносные бактерии и грибы. По мере разрушения органического вещества все большее участие принимают спороносные бактерии, затем их сменяют целлюлозоразлагающие и другие микроорганизмы. В биохимическом процессе торфообразования участвуют микроорганизмы не только разлагающие, но и синтезирующие органическое вещество. Устойчивый анаэробиозис мешает минерализации органических остатков и ограничивает биологический круговорот веществ, создавая относительный недостаток азота и элементов минерального питания.

Постоянный анаэробиозис вызывает отмирание корней, а затем растений в целом, обусловливая накопление растительных остатков. Анаэробные условия приводят к восстановлению и активизации некоторых минеральных соединений, например образованию подвижных форм закисного железа, вымывающегося в глубь болотной почвы. Вымываются также растворимые щелочные и щелочноземельные соединения.

Оглеение. Процесс оглеения (глееобразования) протекает в болотных и других почвах, где грунтовая и почвенная вода или вода капиллярной каймы принимает непосредственное участие в этом процессе. (Глей — украинское народное название глин и глинистых образований. Термин «оглеение» введен Г. Н. Высоцким, который впервые раскрыл сущность этого процесса.) Оглеение, как и торфообразование, — биохимический процесс восстановления окисных соединений почвы в закисные, который наблюдается в анаэробных условиях при содержании в почве органического вещества и участии микрофлоры, особенно маслянокислых бактерий.

Основное условие оглеения — недостаток кислорода в почве. Избыток воды не служит непосредственной причиной глееобразования. Вода тающих снежников в горных районах или пойменная вода в период разливов, насыщенная кислородом, не способствует оглеению почв. Но избыточное увлажнение почвы создает предпосылки для развития анаэробных микроорганизмов, отнимающих кислород от активных органических соединений и минеральных компонентов почвы. Аккумуляция кислого органического вещества в болотной почве способствует оглеению, которое характеризуется уменьшением водопроницаемости и усилением заболачивания, что, в свою очередь, вызывает образование и накопление торфяной массы. С оглеением, таким образом, связано формирование болотной почвы, и оно является как бы причиной, а не следствием болотного почвообразования. Это подтверждается еще и тем, что глеевые почвы встречаются в природе как самостоятельные, независимые от других типов почвообразования. Одновременно с оглеением на одном из этапов развития формируются подзолистые и дерново-подзолистые почвы. Об этом свидетельствуют глееподзолистые, торфяно-подзолистые оглеенные и дерново-глеевые почвы, предшествующие развитию болотных почв.

Наиболее характерная особенность глееобразования — восстановление элементов с переменной валентностью (Fe, Mn, S, N),

что приводит к изменению минералогического состава почвы. Бактерии переводят соединения трехвалентного железа в двухвалентное. Соли закиси железа большей частью растворимы; перемещаясь в почве с нисходящим и часто восходящим током, они придают глеевым горизонтам сизоватый и бледно-зеленоватый оттенки. Степень оглеения и заболачивания распознается по интенсивности глееобразования и окраске (обычно зеленовато-голубой и серо-голубой) пятен, прослоек, полос, сплошных глеевых горизонтов и всего профиля почвы.

В связи с местным интенсивным потреблением кислорода корнями растений и микроорганизмами в отдельных слоях автоморфных почв могут возникать анаэробные условия, сопровождающиеся образованием отдельных гнезд и пятен оглеения, которые затем с усилением заболачивания сливаются между собой в сплошные глеевые горизонты, вплоть до охвата всего почвенного профиля.

В периоды просыхания заболоченных почв по местам отмирающих и отмерших корней растений, трещинам, ходам червей и крупным порам соединения восстановленного железа окисляются с образованием ярко окрашенных ржавых, охристых железистых прожилок, корочек, трубок, налетов, пятен, а иногда железистых и железистомарганцевых конкреций. Такие новообразования свидетельствуют о прерывистом развитии процесса заболачивания.

С оглеением и периодическим увлажнением снижается величина окислительно-восстановительного потенциала (ОВП), образуются растворимые соединения железа, алюминия, повышается растворимость фосфатов. В результате анаэробных процессов возникают продукты бескислородного разложения в виде аммиака NH_4, метана CH_4, сероводорода H_2S, свободного водорода H_2, частично свободного азота N_2 и других газов, выделение которых нередко можно наблюдать.

В восстановительных процессах участвуют серобактерии, образуя сернистое железо FeS_2, которое обусловливает появление сернокислой закиси железа и серной кислоты: $FeS_2+H_2O+7O=$ $=FeSO_4+H_2SO_4$. Окисление закисного железа может быть связано с жизнедеятельностью железобактерий, сопровождаясь образованием бурого железняка $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ в виде значительных скоплений конкреций болотной руды. В процессе оглеения возникают такие малоустойчивые минералы, как сидерит $FeCO_3$ и вивианит $Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$, окрашенный в синеватый или белесоватый цвет, переходящий в голубой при окислении. С развитием аэробных процессов в периоды просыхания почвы из раствора выпадают фосфорнокислые соединения и резко уменьшается количество легкорастворимых фосфатов. Этим также можно объяснить приуроченность фосфатов к верхней границе абсолютного анаэробиозиса и нижней части зоны неустойчивого анаэробиозиса. С оглеением ухудшаются все свойства почвы: изменяется механический и химический состав, увеличивается содержание коллоидов, ухудшаются физические свойства почвы и т. д. С возрастанием

степени заболачивания и углублением стадии болотного почвообразования уменьшается водопроницаемость и увеличивается кислотность в верхних горизонтах почвы. С оглеением повышаются дисперсность почвы, подвижность органического вещества и гидрофильность твердой фазы. Особенно резко снижается пористость (до 25—30 %).

Стадии болотного почвообразования. В начальные стадии болотного почвообразования формируются заболоченные почвы. Они предшествуют собственно болотным почвам. Заболоченные почвы отличаются тем, что у них или отсутствует торфяной горизонт (минеральные заболоченные), или он не получил достаточного развития как по мощности (не превышая 20—25 см), так и по строению (войлокообразный полуторфянистый горизонт). Глеевый горизонт у них от пятнистого до сплошного. В период более глубокого развития болотного процесса почвообразования формируются собственно торфяные болотные почвы с выраженными торфяным и сплошным глеевым горизонтами. В условиях заиления развиваются иловато-болотные, а затем перегнойные и торфяные болотные почвы. Торфяные болотные почвы, или, вернее, болотные массивы, бывают низинные, переходные, верховые и пойменные.

§ 34. Типы заболачивания и водного питания

Болота и болотные почвы бывают: а) суходольные (заболачивание суши); б) водоемные (зарастание водоемов); в) грунтовые (по местам выхода грунтовых вод); г) смешанные.

Различают следующие типы водного питания: атмосферный, грунтовый, намывной и смешанный. Грунтовый, в свою очередь, подразделяется на подтипы: бассейн бессточных грунтовых вод, приток грунтовых вод со стороны водоемов и водоразделов, грунтовонапорный; намывной — на делювиальный (приток поверхностных вод с окружающих склонов) и аллювиальный (длительное затопление участков паводковыми водами в поймах рек).

Под заболачиванием суши понимают заболачивание почв лесов, лугов, кустарников, перелогов, пастбищ и полей. Почвы лесных массивов чаще заболачиваются под хвойным древостоем, а также по местам вырубленного и горелого леса. Хвойный лес, развиваясь и обусловливая формирование подзолистых почв с их сильно промытым верхним элювиальным и плотным иллювиальным горизонтами, создает предпосылки заболачивания. В таежно-лесной зоне оно начинается с поселения трав под покровом изреженного древостоя. В осветленном лесу последовательно появляются злаки (особенно вейник), осоки, сабельник. Травянистые растения заменяются затем мхами, способствующими задержанию влаги и переувлажнению поверхности почвы. Сначала поселяется кукушкин лен, обладающий влагоемкостью до 600—700 % массы сухого вещества, потом гипновые и, наконец, сфагновые мхи. Влагоемкость последних достигает 1500—3000 %. На

месте бывшего леса образуется болото, в недрах которого находятся остатки погребенного леса в виде долго не разлагающихся стволов, пней, ветвей, коры, пыльцы и семян древесных растений.

Иногда болотные почвы и болота образуются там, где грунтовые воды приближаются к поверхности земли. К болотам относятся также заболачивающиеся склоны в местах выхода минерализованных грунтовых вод, где растут осоки, тростник, ольха и зеленые мхи.

По свойствам грунтовых вод различают два типа болотных почв: с увлажнением мягкими или жесткими водами. Наиболее распространено заболачивание мягкими пресными грунтовыми водами на бескарбонатных материнских породах, когда образуются торфянисто-глеевые почвы на основе дерново-подзолистых и подзолисто-глеевых почв. При увлажнении жесткими водами образуются темноокрашенные подзолисто-глеевые и глеевые почвы, переходящие затем в торфянисто- и торфяно-глеевые. При умеренной минерализации отмирающих остатков травянистой растительности содержание гумуса в этих почвах увеличивается. В течение длительного времени в них накапливается значительное количество азота и зольных элементов, что ведет к повышению потенциального плодородия.

Зарастание и заторфование водоемов происходит относительно медленно в зависимости от климата, состава воды, питания и происхождения водоема. Сравнительно быстро (не более 50—100 лет) формируются болотные почвы при зарастании неглубоких обширных водоемов озерного типа. Ускорению болотного процесса при зарастании водоемов способствует быстрое снижение горизонта воды и сокращение водной поверхности водоема. Зарастание пойменных водоемов (озера, старицы, лиманы) в условиях аккумуляции пойменных наносов завершается формированием минеральных болот с иловато-болотными почвами. В южных районах зарастание водоемов заканчивается заилением. Ил таких болот, обогащаясь органическим веществом, иногда приобретает полуторфянистый характер. Водно-болотная растительность, захватывая водные пространства, обусловливает накопление органического вещества на дне водоемов и по их окраинам, а затем полностью занимает большую озерную ванну, или выемку лагуны, ложе русла и т. д. (рис. 27).

На дне водоема аккумулируется ил, состоящий из минеральных и органогенных остатков растительного и животного происхождения, обязанных бентосу и планктону. Остатки отмирающего планктона, погружаясь на дно водного бассейна вместе с минеральным илом, поступающим с берегов, образуют рыхлые толщи сапропеля (гниющий ил), иногда в несколько (10—15) метров. Верхняя часть его находится как бы в полувзвешенном состоянии, недостаточно фиксируя плоскость дна водоема. Сапропель имеет желтую, серую, бурую и даже черную окраску с зеленоватым оттенком, представляет собой тонкоотмученную полужидкую породу, при уплотнении переходящую в различные сапропелиты и сапропелитовые угли.

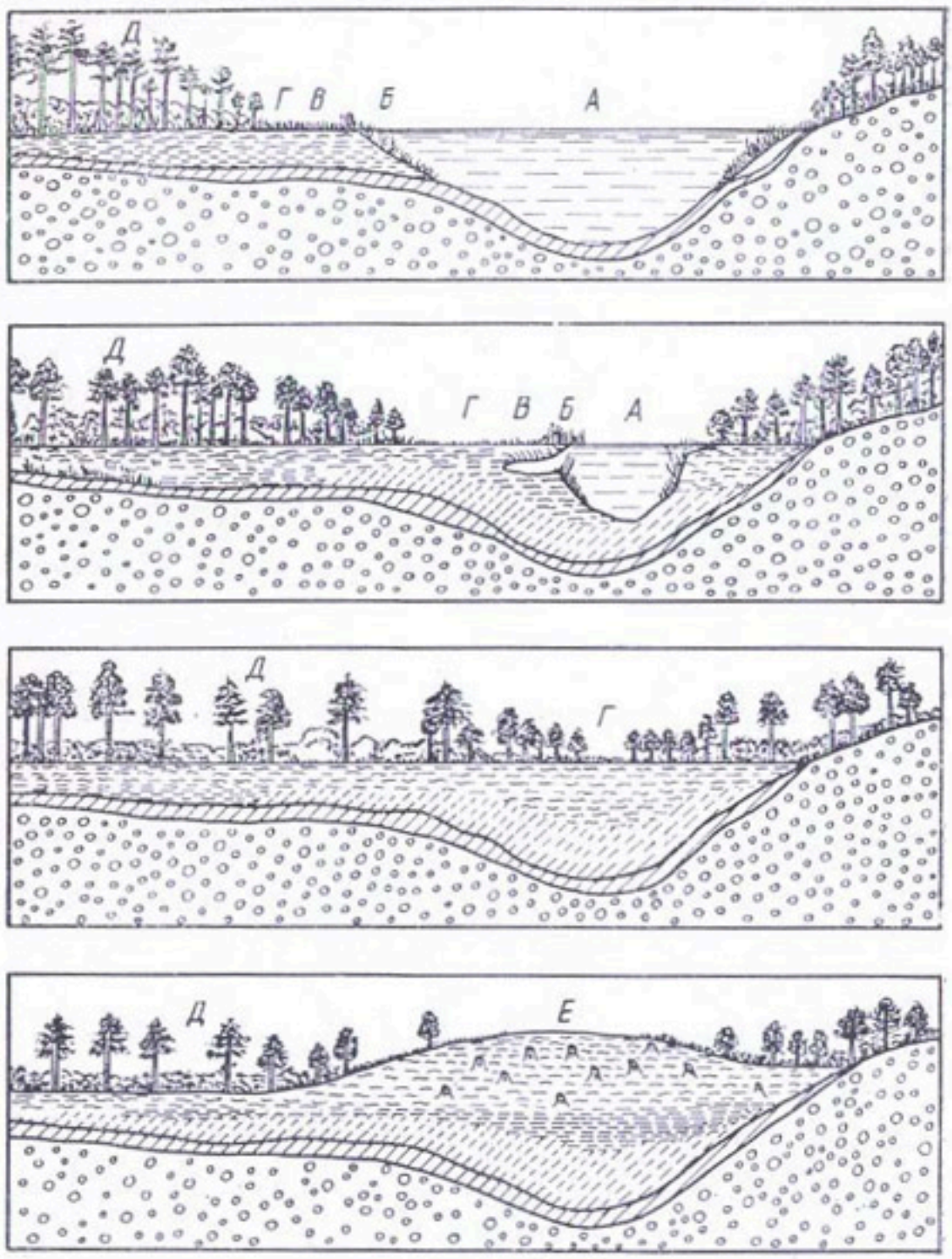


Рис. 27. Стадии заболачивания водоема:

А — открытое водное пространство; *Б* — прибрежная водная растительность; *В*, *Г* — осоковое низинное болото; *Д* — сосновый лес на сфагновом болоте; *Е* — выпуклое сфагновое болото.

Сапропели образуются не во всяком водоеме, а замещающий их озерный ил формируется на дне каждого зарастающего водоема.

В зарастающем водоеме в авангарде следуют плавающие растения с вегетативными органами, держащимися на поверхности воды или погружающимися: ряски, телорез, плавающий рдест и др. В соответствии с глубинами береговых зон мелеющих водоемов в направлении к их центру размещаются следующие пояса водно-болотной растительности: осоковый — занимает мелководье до глубины 0,5 м, реже до 1 м; камышовый — распространяется до глубины 2—3 м; водяной лилии — достигает глубины 4 м; широколиственных рдестов — простирается до глубины 5 м; далее— водорослей.

В каждой полосе, развивающейся на определенной глубине, накапливается соответствующий ей вид торфа, где хорошо сохраняются непотерявшие клеточного строения растительные остатки. Во всех зонах водоем постепенно мелеет; иногда происходит поднятие уровня озера. С обмелением наблюдается смещение зон и усиленное образование торфа, перекрывающего ранее сформированные отложения. На торф относительно глубоководной зоны, например из широколиственных рдестов, накладывается торф камышовый, выше — осоковый и еще выше — моховой.

С обмелением земноводная растительность камышей, хвощей тростника последовательно наступает на водную поверхность и, отмирая, заполняет бассейн. Возникает наплывной ковер из водно-болотной растительности (трифоль, сабельник, телорез, ряска, плавающий рдест, осоки, мхи и др.). Поверхность затягивается зыбким ковром из мхов и корневищ цветковых. Образуется сплавина, которая нарастает с поверхности: нижняя часть ее отмирает и, постепенно отрываясь, тонет в воде. Так образуется травяно-моховое, а затем и моховое болото. Но до полного захвата поверхности водоема иногда остаются участки воды («окна»), которые в дальнейшем затягиваются разрастающимся зыбуном. На какое-то время в массиве болота остаются обособленные внутренние, как бы погребенные, водные участки в толще торфа, постепенно также исчезающие. Залежь торфа такого болота как бы подвешена в воде. Она отличается большей рыхлостью по сравнению с низинными и верховыми болотами.

С момента заполнения органической массой зарастающего водоема болото, как и при заболачивании суши, проходит стадии травяного, травяно-мохового, мохово-сфагнового болота. В центральной его части с нарастанием сфагнума также образуется выпуклая поверхность, приводящая к отрыву поверхностных мягких вод атмосферного питания от слабожестких грунтовых вод водоема.

§ 35. Типы болот

В соответствии с типами заболачивания и водного питания различают следующие типы болот: низинные, переходные и верховые. В природе они часто встречаются на одних и тех же элементах

Рис. 28. Низинное болото. Осока, черная ольха.

рельефа и абсолютных отметках. Нередки случаи, когда низинные болота расположены на водоразделах, а верховые — на обширных понижениях (Мещерская низменность, Полесье). Низинные болота поэтому правильнее называть травяными, переходные — травяно-моховыми, а верховые — моховыми. Торфяные болота делятся по мощности торфа на мелкозалежные (<1 м), среднезалежные (до 2 м) и глубокозалежные (>2 м).

Низинные болота формируются в депрессиях рельефа или по понижениям, на водоразделах, террасах и в поймах, где развивается разнообразная болотная, требовательная к элементам питания, растительность. Там встречаются злаки, осоки, мхи, ива, береза, ольха (рис. 28). Низинное болото обычно расположено ниже поверхности окружающей территории, и вогнутый его характер обусловливает приток к нему растворов и суспензий. На низинном болоте произрастает древесная и травянистая растительность и развиваются почвы с высоким потенциальным плодородием. Это пойменные или террасовые болота, а также болота грунтового водного питания на склонах и в ложбинах, в которых выклиниваются грунтовые воды разной минерализации. Там аккумулируются, консервируясь, элементы питания растений в виде органических остатков.

Низинные болота характеризуются высокозольным торфом (золы 7—15 %), часто сильно разложившимся (30—60 %), сравнительно менее влагоемким, слабокислым или нейтральным, богатым азотом (до 40 % и более) и фосфором (0,2—0,4 %), иногда в виде вивианита. Низинные пойменные болота отличаются иловато-торфяными сильно заиленными почвами. Заиление затормаживает и даже препятствует торфообразованию, что приводит к формированию дерново-луговых почв, иногда залегающих на погребен-

Рис. 29. Переходное болото, поросшее сосной и березой.

ных торфяно-иловатых почвах. Повышенная зольность низинного торфа связана также с высокой зольностью растений — торфообразователей, которая намного превышает зольность торфообразователей верховых и переходных болот. В верхней части залежи низинного торфа содержится много железа, в нижней части увеличивается содержание S и Ca.

Переходные болота — последующая стадия развития низинных болот и предшествующая верховым. Эти болота чаще встречаются по понижениям на равнине или на водоразделах, где приток элементов питания в виде растворов и взвесей становится ограниченным. С увеличением торфяного слоя почв, когда грунтовые воды не идут на питание растений, пищевой режим последних ухудшается: создаются неблагоприятные условия для злаковой растительности, которая замещается менее требовательными растениями — пушицей, шейхцерией, гипнумом и сфагнумом. Вместо древесных лиственных пород низинного болота появляется болотная сосна. На кочках произрастают багульник, подбел, вереск, голубика и другие растения (рис. 29).

Переходные болота в дальнейшем зарастают гипновыми и сфагновыми мхами, усиленно образующими торф, в связи с чем вогнутая поверхность в стадии низинного болота выравнивается с тенденцией к формированию выпуклой. Нарастание торфа сверху приводит к отрыву поверхностной части болота от минерализованных грунтовых вод. Поэтому в стадии развития травяно-мохового болота наблюдается некоторая сезонность в потреблении воды растениями-торфообразователями: во влажные периоды атмосферных осадков, в более сухие — грунтовых. С увеличением мощности торфа происходит подкисление среды. В условиях кис-

лой реакции и с возникновением периодического промывного режима, хотя бы в пределах толщи торфа, наблюдается вынос зольных веществ из верхней части торфяного профиля почвы. Отмечается заметный вынос органических веществ, но наряду с этим происходит некоторое накопление Fe и Al в форме органо-минеральных соединений из-за миграции в почве железа и алюминия в ионной форме и в виде органо-минеральных веществ.

Верховые моховые болота — завершающая стадия болотного процесса почвообразования после прохождения предшествующих стадий низинного и переходного болота. В узких понижениях (типа ложбин или падин) низинное болото может развиваться неопределенно долго. В широких понижениях стадия низинного болота больше сохраняется на периферии, тогда как в срединной части вследствие ограниченного притока элементов питания растений болото быстрее переходит в стадию переходного травяно-мохового, а затем и верхового мохового. На обширных равнинах и водоразделах после кратковременной стадии травяного низинного и несколько более продолжительной стадии травяно-мохового переходного болота верховое болото развивается длительно. Верховые болота наиболее широко распространены в лесной зоне.

На развивающемся верховом болоте в каждом вышележащем горизонте торфа наблюдается уменьшение зольности. Это обусловлено тем, что корни болотных растений, не достигая минеральной части почвы, отрываются от нее, распределяясь в верхних слоях нарастающего торфяного слоя, т. е. они перестают извлекать минеральную пищу из нижних горизонтов. Прогрессивное уменьшение содержания зольных элементов пищи сопровождается отмиранием требовательной к ней растительности (травы), наступает господство мхов, усиливающих нарастание торфа. Вместе с тем снижается степень разложения его вследствие усиления анаэробиозиса, повышения кислотности и уменьшения минерализации органического вещества.

Процесс обеднения зольными веществами верхних горизонтов прогрессирует. Зольных элементов в растворе такой болотной почвы почти нет. На болоте временами появляется болотная низкорослая сосна, произрастает вереск, багульник, карликовая береза, ива, морошка, клюква и другие растения с мощной корневой системой (рис. 30). Увеличение мощности торфа в центре болотного массива и усиление анаэробиозиса приводит к полному господству сфагнума, с интенсивным развитием которого и быстрым накоплением торфа в центре болота возникает выпуклость высотой до 5 м.

Пойменные болота и плавни. Пойменные болота и болотные почвы формируются под воздействием аллювиального процесса. На обширной пойменной равнине образуются преимущественно низинные болота, постепенно выходящие из зоны влияния разлива полых вод. При переходе поймы в надпойменную террасу бывшие пойменные болота сохраняют признаки аллювиальности только в основании толщи болотных образований. Вверху они при-

Рис. 30. Верховое сфагновое болото с отмирающей сосной.

обретают признаки типичных зональных болот и тем отчетливее, чем выше и древнее терраса.

Плавневые болота возникают в результате заполнения эстуариев и при формировании дельтовых образований (рис. 31). Плавни — болотные образования особого рода; они настолько переувлажнены, что как бы плавают на воде. Это обычно сплошные тростниковые заросли. Остатки отмирающего тростника в виде стеблей и корней накапливаются в воде, переплетаясь с живыми корнями тростника, образуют мощный наплавной ковер. На отмираю-

Рис. 31. Тростниковые заросли (плавни).

щей массе тростника и другой растительности поселяются рогозы, камыши, осоки и др. Мощность такой полуживой заиленной растительной массы иногда составляет 1,5 м и более. Непосредственно под ней лежит полувзвешенный ил бледно-серого цвета с синеватым оттенком, пронизанный корнями, достигающими более плотного дна. Так образуются сплавины, которые при волнении иногда отрываются от прибрежных зарослей. Сплавины при нарастании, заилении и уплотнении погружаются на дно, образуя торфоподобные илистые отложения.

Приморские болота (так называемые марши, лайды, ватты) — минеральные почвы, переувлажненные вследствие приближения грунтовых вод к поверхности и затопления побережий морскими приливами или разливами паводковых вод в устьевых частях рек.

§ 36. Распространение и характеристика болотных массивов

Болота встречаются почти во всех природных зонах СССР и характеризуются соответствующими признаками.

Наиболее хорошо выражены болота лесной зоны, особенно болота верхового типа. В лесной зоне широко распространены также болота переходного типа со смешанным елово-сосновым лесом с березой и ярусом вересковых, с осоками, лесным сфагнумом и гипнумом.

В Прибалтике и на Северо-Западе европейской части СССР встречаются выпуклые торфяники мощностью 4—6 м и более. Примером может служить Шуваловский торфяник севернее г. Ленинграда с мощностью торфа 6—9 м, состоящего из красного и бурого сфагнума с остатками сосны крупной и низкорослой. На массивах подобных торфяников встречаются мочажины — мелкие небольшие озера площадью до 1 км^2, глубиной до 3 м. Примером торфяника с несколькими ярусами линз разложившегося торфа и озерными отложениями мочажин может служить торфяник «Большой мох» (Ленинградская область) — выпуклый сфагновый, характерный для этой зоны: 0—220 см — плохо разложившийся сфагновый торф из бурого сфагнума с остатками пушицы, корни и древесина сосны;

220—235 см — хорошо разложившийся торф из остатков сфагнового мха и пушицы — погребенный горизонт;

235—685 см — слаборазложившийся сфагновый торф из бурого сфагнума; встречаются линзы наиболее разложившегося торфа — по местам бывших мочажин;

685—733 см — хорошо разложившийся сфагновый торф, главным образом из красного сфагнума с волокнами пушицы и остатками березы;

733—783 см — хорошо разложившийся осоковый торф;

783—833 см — гипновый торф, почти неразложившийся, с остатками гипнума с небольшой примесью сфагнума, пушицы и шейхцерии, остатки березы;

833—850 см — реликты почвы подзолистого типа; ниже — глеевый горизонт. Этот торфяник образовался в результате заболачивания подзолистых почв.

Линзы более разложившегося торфа по местам бывших мочажин свидетельствуют о многократном возникновении их на поверхности растущих торфяников в связи с изменением гидролого-топографических и биологических условий произрастания растений — торфообразователей.

Торфяники средней части СССР, где атмосферных осадков выпадает относительно меньше, характеризуются меньшим распространением мочажин. На них произрастают сосна, кустарники, сфагнум бурый и красный. По мере движения на восток отчетливее прослеживается так называемый пограничный горизонт ксеротермического периода — выдержанная повсеместно прослойка сильноразложившегося сфагнового торфа, темного цвета со следами выгорания торфа, остатками пушицы и пней сосны.

Особенно хорошо выражены болотные массивы в Белоруссии, где в толщах сфагнового торфа на глубине 2,5—3,5 м выражен пограничный горизонт с пнями, выше которого встречаются подобные ярусы с менее мощными пнями. В районе р. Припять распространены обширные полесские болота низинного типа (площадь отдельных массивов достигает 200—600 км^2 и более). Они представляют собой тростниковые или осоково-гипновые торфяники с разложившимся торфом и зольностью 10—15 % (и до 20 %), возникшие на базе низинного типа пойменных и торфяных болот.

К востоку от Москвы распространены чернорамени — сильно пнистые болотные массивы. Горьковские болота многопнистые, имеют несколько ярусов пней. Нормальная залежь представлена сверху (до 2 м) слаборазложившимся сфагновым торфом, затем идет прослойка с пушицей, еще ниже — среднеразложившийся торф, частично с пнями, с глубины 4—5,5 м — тот же торф с примесью трав. В бассейне р. Вятки распространены болота всех типов.

Торфяники распространены на Урале, где они представлены среднезольным осоковым и сфагновым торфом из красно-бурого и бурого сфагнума до 8 м. Торфяники там чередуются с заболоченными сосново-елово-кедровыми лесами (сограми), где глубина торфа доходит до 2 м. В торфяниках Урала на глубине 3—4 м встречается также пограничный горизонт с пнями. На дне залежи сфагново-осоковых толщ иногда залегает сапропель и мергель (Горбуновский и Щигровский торфяники). Все моховые и осоковые торфа — малоразложившиеся, несколько более разложившиеся торфа залегают в глубоких горизонтах.

Особенно широко распространены торфяные болота в Западно-Сибирской низменности. Там отчетливее, чем в европейской части СССР, выражено зональное распространение болот. В долинах Западной Сибири распространены низинные осоково-гипновые болота с торфом мощностью до 4—5 м, местами до 9—10 м.

В Восточной Сибири распространены торфяники-моховики с ба-

гульником, карликовой березой, подбелом, кассандрой, с гипновым и травяным покровом. В торфах встречаются угли — свидетели частых пожаров болот и лесов. Большое распространение там имеют сфагновые болота. К востоку от озера Байкал и в Лено-Якутской равнине на торфяных болотах произрастает лиственница, береза, осина, кассандра, багульник, клюква. Повторяющиеся лесные и торфяные пожары приводят к повышению уровня постоянной мерзлоты и способствуют заболачиванию, в авангарде которого следуют низкорослые кустарники из карликовой березы и ивы с сопутствующими зарослями вейника.

На Камчатке, где атмосферных осадков выпадает до 700 мм, формируются торфяники верховые выпуклые с остатками древесной растительности и переходные. Мощность торфа чаще 2—3 м, иногда до 8—10 м. Встречаются прослойки вулканического пепла.

В зоне лесостепей и степей торфяники распространены мало: в поймах рек и по местам заторфованных озер с незначительной мощностью торфа низинного типа.

§ 37. Строение торфяной залежи и свойства торфа

Торфяная залежь состоит из отдельных горизонтов с разными свойствами, что свидетельствует о меняющихся условиях образования торфа. Общая мощность залежи зависит от скорости накопления торфа, которая в среднем составляет около 0,7 мм в год, что соответствует 1 т мохового торфа на 1 га. Годовой прирост органических остатков и скорость образования торфа в холодном климате меньшие по сравнению с зоной умеренного климата. В зоне холодной северной тундры мощность торфа едва достигает 25—30 см, на севере таежной зоны она составляет 3—4 м, в центральной части лесной полосы иногда превышает 8—9 м. К югу средняя мощность торфа уменьшается.

Строение торфяных залежей разнообразно. Верхний слой (очес) торфяников всех типов сложен живым растительным покровом различной мощности. Он особенно хорошо выражен у торфяников верхового и переходного типов. Под очесом залегает переходный горизонт. Эти слои характеризуются значительно большей водонепроницаемостью, чем нижележащий. Верхние горизонты торфа известны под названием активного, или деятельного, горизонта. Мощность его зависит от торфообразующей растительности. Активный горизонт отличается переменным содержанием влаги, сменой аэробных и анаэробных условий, достаточно высокой водопроницаемостью, наличием живой корневой системы. В нем идут почвообразующие процессы. Нижележащий более мощный основной слой залежи называют инертным горизонтом. Он отличается слабой водопроницаемостью и постоянным анаэробиозисом.

Под торфом нередко обнаруживаются озерные отложения, подстилающие торф в форме сапропеля желеобразной консистенции, выделяющие метан, сероводород, углекислый газ. Такие отложения

имеют различный цвет: от серого до темно-зеленого и даже черного.

Свойства торфа различны в зависимости от зональных и местных условий торфообразования и сильно колеблются даже в пределах одного массива (табл. 13). Так, плотность твердой фазы может отличаться от средней по массиву в 1,5 раза, а плотность залежи — даже в 3—4 раза.

13. **Химический состав и физические свойства торфяных болотных почв** (по И. С. Лупиновичу, Т. Ф. Голуб и др.)

Почвы	Степень разложения (в %)	Зольность (в % на абсолютно сухую почву)	pH водной вытяжки	Плотность (в г/см³)	Влагоемкость (в % на абсолютно сухую почву)
Верховые	5—30	1,3—5,8	2,6—4,2	0,04—0,08	600—1200
Переходные	10—45	5,0—10,0	3,0—5,3	0,11—0,16	500—950
Низинные	15—60	7,5—17,0	4,8—7,0	0,10—0,25	460—870
Низинные старопахотные	30—75	11,0—23,0	6,0—7,0	0,20—0,30	260—450
Пойменно-болотные (низинные)	30—60	10,0—30,0	4,5—7,0	0,20—0,30	350—400

Продолжение

Почвы	Содержание (в % на абсолютно сухую почву)				
	азота общего	P_2O_5	K_2O	CaO	R_2O_3
Верховые	0,5—2,0	0,03—0,25	0,01—0,10	0,1 —0,48	0,03—1,4
Переходные	1,4—2,5	0,03—0,35	0,02—0,20	0,15—2,5	0,90—4,70
Низинные	1,6—4,0	0,10—0,40	0,05—0,25	1,2 —6,8	1,20—7,20
Низинные старопахотные	3,0—4,4	0,15—0,45	0,10—0,25	3,0 —7,9	1,40—7,20
Пойменно-болотные (низинные)	2,0—4,0	0,20—0,70	0,05—0,30	2,0 —10,0	1,20—14,0

Торф обладает большой степенью дисперсности и удельной поверхностью частиц. Он отличается высокой гигроскопичностью (до 20—30 %), в 5—7 раз превышающую гигроскопичность минеральных почв. Из сельскохозяйственной практики известно, что торфяная подстилка может поглотить влаги в 3—5 раз больше, чем солома, а по способности поглощать газы она превосходит солому в 15—20 раз. Поэтому торф является прекрасным подстилочным материалом на скотных дворах.

Низинный торф отличается высоким содержанием гумусовых веществ, в составе которых преобладают фульвокислоты. Зольность торфа низинных болот — до 25 %, верховых — едва достигает 5 %. В торфе низинных болот содержится много фосфора. То же касается извести, особенно в торфе низинных болот, увлажняемых

жесткими водами (4—5 % и более). Торф беден калием, несколько больше его содержится в низинном. Много содержится в торфе общего азота (до 3—4 %), больше чем в черноземах. Но азот торфа, особенно верхового, медленно переходит в доступные для растений минеральные формы.

Торф верховых болот характеризуется высокой кислотностью (pH 3—4), реакция низинного торфа слабокислая или нейтральная и даже слабощелочная при увлажнении жесткими водами. Торф отличается высокой емкостью поглощения, но степень насыщенности варьирует в широком диапазоне: от 15—20 % торфа верховых болот до 70—80 % и более низинных болот. Торф обладает высокой влагоемкостью: низинных болот до 400 % весовых, верховых 1000—1200 %. Водопроницаемость торфа слабая, в связи с чем даже выпуклые сфагновые болота обычно значительно увлажнены. Плотность твердой фазы торфа верховых болот значительно меньше единицы, низинных болот — несколько больше единицы.

Торф имеет невысокую теплопроводность, вследствие чего глубина промерзания торфяных болот зимой значительно меньше, чем минеральных почв. Весной болота оттаивают медленно. Слабой теплопроводностью торфа объясняется перегревание поверхности болотных почв днем и нередкие заморозки ночью. Теплопроводность торфа тем меньше, чем он суше. Наименее благоприятными тепловыми свойствами обладают сфагновые торфяники. По всем показателям торф переходных болот занимает промежуточное положение.

В связи с малым объемом твердой минеральной фазы торфа у них отмечается слабая температуропроводность, в основном определяемая соотношением влаги и воздуха в торфе. Теплоемкость влажного торфа в 4—5 раз выше, чем сухого.

Торф низинных болот в северной подзоне тайги промерзает на глубину 0,5—1 м. Торф верховых болот промерзает меньше. Под пологом заболоченного леса в условиях северной тайги промерзание едва достигает 30—35 см. Максимальная глубина промерзания — в марте — апреле. Интенсивное оттаивание начинается после схода снежного покрова. Под пологом леса оттаивание задерживается на 2—3 недели и более. Полное оттаивание торфяной залежи под покровом заболоченного леса иногда растягивается до конца июня. В сибирских болотах мерзлота полностью не оттаивает в течение лета, в связи с чем на болотах исчезает сосна и появляется лиственница с менее глубокой корневой системой и способностью образовывать вторичные корни по мере нарастания торфа.

Свойства торфа изменяются во времени, так как наряду с процессами торфонакопления в нем идут процессы разложения органических остатков. Разложение торфа происходит в результате физического распада отмерших частей растительности и главным образом последующих и попутно протекающих процессов — гниения, окисления. В результате разложения образуются различные простые и сложные соединения, и торф из относительно светлого во-

локнистого, где значительная часть растений сохранила еще клеточное строение, превращается в темную однообразную массу. Темпы разложения торфа зависят от состава и смены одних групп микроорганизмов другими и состава растительной массы, субстрата, а также от условий проветривания, поступления кислорода и кислотности среды. Первоначально плесневые грибы и неспороносные микроорганизмы разрушают менее стойкие соединения. В минерализации более стойких соединений принимают участие спорообразующие бактерии, с ними активизируется деятельность целлюлозных бактерий и нарастает численность актиномицетов, которые способствуют синтезированию гумусовых веществ.

Степень разложения торфа в полевых условиях определяется по следующим показателям:

неразложившийся торф (степень разложения до 15 %) — поверхность торфа шероховатая от остатков растений, которые хорошо различимы, вода выжимается струей, как из губки, прозрачная, светлая;

весьма слаборазложившийся (15—20 %) — вода желтоватого цвета, выжимается частыми каплями;

слаборазложившийся (20—25 %) — растительные остатки заметны хуже, вода желтого цвета, отжимается в большом количестве;

среднеразложившийся (25—35 %) — масса торфа почти не продавливается в руке, остатки растительности заметны, вода светло-коричневого цвета, отжимается частыми каплями, торф начинает пачкать руки;

хорошо разложившийся (35—45 %) — масса торфа продавливается в руке слабо, вода выделяется редкими каплями коричневого цвета;

сильноразложившийся (45—55 %) — масса торфа продавливается между пальцами, пачкая руку, в нем заметны лишь некоторые растительные остатки, вода отжимается в малом количестве темно-коричневого цвета;

весьма сильноразложившийся (более 55 %) — торф продавливается между пальцами в виде грязеподобной черной массы, вода не отжимается, растительные остатки совершенно неразличимы.

Содержание золы в торфе соответствует зольности растений-торфообразователей и зависит от типа болот и степени разложения торфа. Количество золы в торфе закономерно убывает от низинного болота к верховому и возрастает по мере увеличения степени его разложения. Содержание органических веществ, наоборот, возрастает от 50—80 % массы абсолютно сухого вещества в торфе низинных болот до 95—99 % в торфе верховых болот. Зольность верхового торфа не превышает 5 % массы сухого торфа, переходного —5—10, низинного в неосушенном состоянии — до 20 %.

Содержание воды в торфе неравномерно вследствие неоднородного строения торфяной залежи и чередования прослоек разной степени минерализации и разложения. Одни слои увлажнены меньше, другие больше, вплоть до образования местных скоплений воды в виде изолированных линз или водных жил.

Влажность низинного торфа в природных условиях залегания равна 86—90 % объема, переходного —90—92, верхового —90—94 %, что объясняется очень рыхлым строением торфа и большой пористостью.

Для торфа характерно наличие особой формы влаги — внутриклеточной (в клетках и изолированных пустотах тканей неразложившихся остатках болотной растительности). Эта влага (а также гигроскопическая) недоступна для живых растений, поэтому влажность завядания торфяной почвы гораздо выше (примерно в 2 раза), чем минеральной, и может достигать 30—35 % объема. Это обстоятельство необходимо учитывать при осушении болот.

Для торфов свойственны большие значения наименьшей полевой и предельной полевой влажности. Так, предельная полевая влагоемкость доходит до 60—70 % объема, или 300—400 % массы сухого торфа.

Под действием гравитационных, капиллярных, молекулярных, диффузных, осмотических и других сил вода в торфяной залежи постоянно перемещается в пространстве как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении, с различной скоростью из-за неоднородного строения залежи. Бывают даже внутризалежные жильные потоки. Водопроницаемость торфа в горизонтальном направлении превосходит таковую в вертикальном направлении в несколько раз.

Водно-физические свойства торфа изменяются по мере разложения органических остатков. С увеличением степени разложения повышается плотность торфа, уменьшается пористость и водоудерживающая способность. Соответственно уменьшается запас недоступной влаги и водопроницаемость.

Очень сильное воздействие на свойства торфа оказывает осушение. Усиливаются аэробные процессы, ускоряется микробиологическое разложение органических остатков, идет окисление минеральных соединений. В первую фазу осушения, когда отводятся большие запасы воды, находящиеся в торфе, отмечается интенсивная осадка поверхности торфа из-за освобождения крупных пор от воды, исчезновения взвешивающего давления воды, увеличения давления верхней осушенной массы торфа на нижележащие слои. Со временем осадка поверхности торфа замедляется, но усиливается усадочное давление, связанное с ускоренным разложением торфа. Количественно эти процессы объединяются. Осадка поверхности торфяного болота и усадка торфа зависят от типа болот (у верхового они больше, чем у низинного), первоначальной степени разложения, мощности торфяной залежи и глубины осушения.

По данным А. И. Мурашко, осадка поверхности торфяника мощностью 2 м при осушении на глубину 1 м в первый год может составить 15—25 см, а за десять лет —25—35 см. Процессы осадки поверхности обязательно учитываются при строительстве осушительных систем. При длительном освоении осушенных болот наблюдается постепенное уменьшение мощности торфяной залежи (около 1—1,5 см в год).

В результате осушения увеличивается плотность торфа, уменьшается пористость и полная влагоемкость, снижается доля недоступной для растений влаги, существенно уменьшается водопроницаемость торфа (табл. 14).

14. **Коэффициент фильтрации торфа (по К. П. Лундину)**

Опытное учреждение	Коэффициент фильтрации (в м/сут)			
	до осушения	при глубине осушения (в см)		
		50	75	100
Полесская опытная болотная станция	10—29	4	1,8	0,8
Коссовская опытная болотная станция	4—5	1,6	0,95	0,55
Минская опытная болотная станция	6	1,0	0,43	0,18

С осушением увеличивается капиллярное поднятие влаги, максимальная высота капиллярного подъема у осушенных низинных торфяников достигает 0,7—1 м.

§ 38. Классификация и характеристика торфяных болотных почв

Следует различать понятия «торф» и «торфяная болотная почва». Торф — это геологическое образование, органогенная горная порода, на которой образуется торфяная болотная почва. Классификация этих почв таежно-лесной зоны приведена в таблице 15.

15. **Классификация торфяных болотных почв таежно-лесной зоны**

Тип	Подтип	Род
Торфяные болотные верховые почвы	Болотные торфяно-глеевые	Обычные
	Болотные верховые торфяные	Переходные остаточно-низинные засфагненные
		Гумусово-железистые
Торфяные болотные низинные почвы	Низинные обедненные торфяно-глеевые	Обычные
	Низинные обедненные торфяные	Нормальноозольные
	Низинные (типичные) торфяно-глеевые	Карбонатные
		Солончаковые
	Низинные (типичные) торфяные	Сульфатнокислые

В торфяном слое целинных болотных почв выделяют следующие горизонты: лесную подстилку (A_0) или очес ($O_ч$), под которым расположен торфяной слой (T), разделяющийся на подгоризонты по степени разложения: слаборазложившийся бурого и коричнево-

бурого цвета, среднеразложившийся темно-коричневого или черного цвета, характерный для низинных болотных почв. Ниже торфяного горизонта лежит глеевый горизонт (*G*) зеленовато-голубого или грязно-голубого цвета с частыми ржавыми пятнами. Глеевый горизонт переходит в минеральную горную породу *C*.

Торфяные болотные верховые почвы имеют сильнокислую реакцию среды (pH 2,5—3,8), низкую зольность (2,5—6,5 %), степень насыщенности основаниями 10—50 %. Они характеризуются низким содержанием как общих, так и подвижных форм азота, фосфора, калия, неблагоприятными физическими и водными свойствами, обладают низким природным и потенциальным плодородием.

Торфяные болотные низинные почвы имеют слабокислую или нейтральную реакцию среды (pH 5,0—6,5), высокую зольность (более 10 %), содержат много общего азота (до 1,6—3,8 %), хотя подвижного азота в целинных почвах мало. Как правило, низинные торфяные почвы бедны калием, а часто и фосфором. Почвы слабо насыщены основаниями при довольно большой емкости обмена, достигающей 100—200 мэкв/100 г почвы. Из-за неблагоприятного водного режима они характеризуются низким природным плодородием, но очень высоким потенциальным плодородием после проведения гидромелиоративных (осушение) и культуртехнических (очистка поверхности, раздела очеса, очистка от пней) работ.

Торфяные болотные почвы разделяются на следующие виды:

по мощности торфа: торфяно-глеевые (с мощностью торфа $T=$ $=30—50$ см), торфяные на мелких торфах ($T=50—100$ см), торфяные на средних торфах ($T=100—200$ см), торфяные на глубоких торфах ($T>200$ см);

по степени разложения торфа в верхнем (0—30—50 см) горизонте: торфяные — степень разложения торфа менее 25 %, перегнойно-торфяные — 25—45 %, перегнойные — более 45 %;

по видовому составу растений-торфообразователей: верховые болотные почвы (сфагновые, пушицево-сфагновые, древесно-сфагновые, осоково-сфагновые), низинные болотные почвы (осоковые, гипновые, тростниковые, ольховые).

Болотные почвы формируются не только в таежно-лесной зоне, но и в других зонах в условиях постоянного избыточного увлажнения. Например, имеются лугово-болотные почвы в степной и пустынной зонах, аллювиально-болотные почвы в поймах рек, солонцовые и солончаковые болотные почвы.

§ 39. Мелиорация, окультуривание и сельскохозяйственное использование торфяных болотных почв

Торфяные болотные почвы в связи с обширным их распространением являются важным объектом сельскохозяйственной мелиорации. В природных условиях они малопродуктивны; в результате коренного улучшения превращаются в плодороднейшие земли, конкурирующие с черноземными, дерновыми и пойменными почвами. В то же время болотные почвы — трудный мелиоративный объект.

Это прежде всего потому, что они нуждаются в двустороннем регулировании влаги (осушении и орошении в засушливые периоды летом); большие трудности представляет борьба с оглеением болотных почв. Трудности заключаются также в том, что осушительные мелиорации оказывают влияние на прилегающие территории в связи с понижением уровня грунтовых вод. С осушительными мелиорациями тесно связаны тепловые мелиорации особенно в северо-восточных и восточных районах, где имеется многолетняя мерзлота.

Торфяные болотные почвы являются объектом создания сельскохозяйственных угодий. Осушенные торфяники могут служить источником органических удобрений и топлива.

Торф низинных болот — очень ценное удобрение, а торфяной навоз, полученный при использовании торфа верховых болот в качестве подстилки, не уступает соломенному. Хорошим удобрением является также компост из торфа с известью и добавлением золы, фосфорных удобрений, навоза или навозной жижи. Торф отличается высокой поглотительной способностью по отношению к фосфатам. Поэтому торфование имеет также большое значение в предотвращении потерь фосфорной кислоты удобрений, вносимых в дерново-подзолистые почвы. Велико мелиорирующее значение торфа в поднятии плодородия незаболоченных почв. Благодаря осушению низинные болота превращаются в продуктивные луга, пастбища и пашни. При правильном освоении и окультуривании торфяных болотных почв затраты на мелиорацию окупаются в течение 3—4 лет.

Осушение болот, а вместе с тем улучшение водного, воздушного, теплового и пищевого режимов достигается различными гидротехническими устройствами в комплексе с агромелиоративными и агротехническими мероприятиями.

Осушение направлено на создание мощного пахотного горизонта, углубление корнеобитаемого горизонта, на замену болотного почвообразования культурным дерновым почвообразовательным процессом, захватывающим значительную часть или всю торфяную залежь.

Основоположник сельскохозяйственной мелиорации А. Н. Костяков писал следующее: «Осушительные мелиорации, устраняя вредные для растений избытки воды и дефициты воздуха в почве, должны в то же время поддерживать в почве во все фазы развития растений необходимые запасы влаги. Осушительные мелиорации должны обязательно сочетаться с введением соответствующей агротехники на осушаемых землях и регулированием водного режима». Осушительные мелиорации должны быть направлены на создание и поддержание нужных для растений не только водного и воздушного режимов, но и питательного, термического, а также биологического.

В нашей стране большие работы по осушению болот проводятся в Полесье, Мещерской, Барабинской и Ловатьской низменностях, в долинах рек Северной Двины, Печоры, Мезени, Мологи и др.; это главные мелиоративные объекты в Нечерноземной зоне.

Важнейшей проблемой осушительных мелиораций является со-

хранения запаса органического вещества болотных почв и расходование его без потерь. Известно, что за 50 лет на Минской опытной болотной станции мощность торфа вследствие минерализации уменьшилась на 1,1—1,2 м (до 2,4 см в год). Местами торф исчез полностью. Обнаженный торф быстро распыляется в результате дефляции. Осушение, уменьшая теплоемкость торфа, увеличивает опасность ночных поздневесенних и раннеосенних заморозков.

Осушение больших массивов, понижая уровень грунтовых вод, истощает запасы их на прилегающих территориях. Это может повлечь снижение плодородия почв. Вот почему выбору способов осушения должно предшествовать углубленное изучение генезиса осушаемого массива, строгое обоснование и научное предвидение его изменений. Например, снижение уровня грунтовых вод в песках под торфом на глубину, превышающую высоту капиллярного поднятия, лишает торфяную почву необходимых влагозапасов. Переосушенные торфяники иногда выгорают от пожаров или быстро минерализуются. Важной проблемой осушения является борьба с бесполезным выносом полезных веществ из почв с дренажной водой.

Глубина залегания грунтовых вод, создаваемая при осушительных мелиорациях в соответствии с требованиями сельскохозяйственных культур, называется нормой осушения. При установлении этой нормы необходимо не только создавать требуемую для сельскохозяйственных культур влажность почвы и устойчивый водный режим, но и эффективно использовать азот и элементы зольного питания растений на болотных почвах. Нормы осушения следует рассчитывать с учетом запасов доступной воды, капиллярных свойств и водоотдачи торфяных почв, выщелачиваемости, ведущей к потерям элементов питания.

Формальное определение норм осушения может привести к недоосушению или переосушению болотных почв. Переосушение болотных почв вызывает распыление торфа и другие неблагоприятные последствия (необратимая коагуляция органических коллоидов с приобретением гидрофобных свойств, уменьшение влажности ниже влажности завядания).

Опыт показывает, что ни мелкое понижение уровня грунтовых вод, которое не обеспечивает необходимой аэрации, ни глубокое, создающее нерегулируемый режим увлажнения почвы, не соответствует требованиям возделываемых сельскохозяйственных культур. Глубокое осушение приводит к усиленной минерализации торфа. По данным Минской опытной болотной станции, с углублением грунтовых вод до 3—4 м наблюдается усиленное возрастание зольности в торфе. Несколько снижается капиллярная влагоемкость и пористость, резко возрастает численность аммонифицирующих микроорганизмов и содержание подвижных форм азота. С углублением уровня грунтовых вод до 3—4 м увеличивается количество подвижного фосфора. Поэтому возникает необходимость в разработке методов управления водным режимом и создании оптимального. Это достигается соответствующими приемами гидромелиорации,

агромелиорации, агротехники, подбором сельскохозяйственных культур, системой удобрения и т. д.

Многолетние исследования показывают, что уровень грунтовых вод должен быть не выше 0,6 м и не ниже 1,3—1,5 м от поверхности. Установлено, что получение высокого урожая возможно, когда в течение всего вегетационного периода уровень вод держится достаточно устойчиво, без заметных колебаний.

В задачу мелиорации болот входит экономное расходование водных ресурсов и сохранение на длительное время торфяной залежи. Для коренного улучшения болотных почв с большим содержанием зольных веществ и высоким потенциальным плодородием требуется регулирование в них биологических процессов, мобилизующих накопленные питательные вещества. Улучшение тепловых свойств осушенных торфяных почв иногда проводят мульчированием или землеванием торфяников супесчаными или суглинистыми маломощными рыхлыми покрытиями и т. д.

Осушение как разновидность почвообразовательного процесса. При осушении происходит уменьшение влажности почвы и смена анаэробных процессов аэробными, усиливается разложение органических остатков, уменьшается оглеение, улучшается реакция почвенного раствора. Осушенная почва длительное время сохраняет некоторые морфологические черты болотных почв. Освоение и интенсивное сельскохозяйственное использование ускоряют процесс окультуривания осушенных торфяных болотных почв.

Осушение, как всякий другой почвообразовательный процесс, поддается планомерному управлению. С осушением возрастает эффективное и потенциальное плодородие. Осушительные мелиорации влекут за собой изменения физических, химических и биологических свойств почвы.

С осушением и освоением торфяных болотных почв физические свойства изменяются по всему профилю почвы, но главным образом в пахотном горизонте и несколько меньше в подпахотном. При первичной обработке и освоении болотных почв в течение уже первых нескольких лет заметно изменяются их физические свойства.

По данным Минской болотной станции, плотность почвы быстро нарастает в первые 25 лет после осушения, затем стабилизируется, незначительно возрастает плотность твердой фазы. Зольность увеличивается замедленно (табл. 16).

С осушением меняются водные свойства торфяных почв: уменьшается запас недоступной влаги, снижается полная влагоемкость (табл. 17), уменьшается водопроницаемость.

По мере окультуривания торфяной почвы уменьшается кислотность. Но иногда сразу после осушения наблюдается некоторое ее увеличение. Это связано с выносом оснований, главным образом CaO. Поэтому осушение в подобных случаях сочетают с известкованием. С окультуриванием увеличивается содержание гуматов кальция, преобладает образование и накопление более устойчивых

16. **Влияние осушения на изменение некоторых свойств пахотного слоя низинной болотной почвы**

Показатель	Целина			Давность сельскохозяйственного использования поля (в годах)			
	до осушения	после осушения через					
		26 лет	44 года	14	30	42	52
Плотность почвы (в г/см³)	0,13	0,17	0,26	0,23	0,30	0,31	0,31
Плотность твердой фазы (в г/см³)	—	—	1,63	1,16	1,64	1,65	1,66
Зольность (в %)	9,6	10,5	12,3	11,8	14,5	14,6	15,5
Степень разложения (в %)	35	45	60	—	—	—	—

форм гумусовых кислот. В связи с этим происходит биологическое связывание некоторой части органического вещества и накопление гумусовых веществ, улучшаются физические свойства торфяной почвы. В летние периоды наблюдается сильная минерализация гуматов, а образование нового гумуса замедляется. Степень минера-

17. **Полная влагоемкость** (в % к массе абсолютно сухой почвы)

Глубина (в см)	Целина	Давность сельскохозяйственного использования поля (в годах)				
		14	18	25	32	52
5—15	494	339	320	352	341	305
20—30	512	438	374	362	305	282
35—45	590	490	441	452	423	397
50—60	601	492	463	442	398	389

лизации органического вещества может быть определена по ежегодному нарастанию зольности торфяного слоя. При минерализации торфяных горизонтов зольность увеличивается от 0,1 до 0,4 % ежегодно с учетом повышения зольности от применения минеральных удобрений. Под воздействием сельскохозяйственного использования зольность увеличивается главным образом в верхней части торфяного слоя. По данным Минской опытной болотной станции, за первые 25 лет освоения торфяных болотных почв зольность возросла больше чем на 4 %, за последующие 25 лет — только на 2 %.

При сельскохозяйственном использовании в дренированной торфяной болотной почве содержание Fe, SiO_2, R_2O_3 увеличивается, содержание P_2O_5 остается почти на одном уровне.

С освоением торфяных болотных почв в северо-восточных районах СССР в поверхностных горизонтах много накапливается подвижного железа (до 110—120 мг на 100 г почвы), что связано с по-

ступлением почвенных растворов снизу в осенне-зимний период при замерзании почвы.

Болотные почвы бедны Cu, Co, Mo, Mn, B и другими микроэлементами, поэтому необходимо их внесение при освоении.

С увеличением гумуса в старопахотных торфяных болотных почвах в верхнем горизонте с течением времени увеличивается емкость обменного поглощения. По данным Минской опытной болотной станции, за 34 года емкость обменного поглощения со 162 мэкв на 100 г абсолютно сухой почвы повысилась до 211.

При освоении торфяных болотных почв резко активизируются биологические процессы. Происходит усиленная минерализация органического вещества этих почв.

По данным Минской опытной болотной станции, количество торфа за 52 года уменьшилось на 500 т/га. Местами слой торфа в 1 м минерализовался полностью. Убыль торфа в данное время достигает 5—6 т/га с освобождением около 120—130 кг азота. Корневые и пожнивные остатки компенсируют потерю лишь на 25 %.

Минерализация торфа сильно увеличивается под пропашными культурами и сокращается под многолетними травами, создающими плотную дернину, которая понижает биологическую активность почв. С осушением болотных почв в них увеличивается количество аммонифицирующих и нитрифицирующих микроорганизмов. Наибольшее количество аммонификаторов сосредоточено в горизонте 0—10 см; на глубине 40—50 см количество их резко падает. На старопахотных участках нитрификация протекает интенсивнее, чем на вновь осваиваемых почвах. В старопахотных торфяных болотных почвах численность актиномицетов (лучистых грибов), свидетельствующих о плодородии почв, во много раз больше, чем в целинных.

В осушенных торфяных почвах при смене восстановительных анаэробных процессов окислительными аэробными активизируется микробная деятельность. Процесс окисления выражается в быстром потемнении светлой малоразложившейся торфяной массы залежи. Энергичная нитрификация указывает на достаточную степень осушения и нейтрализацию кислотности при достаточном количестве Ca. Нитрификация является показателем степени окультуренности почвы. Недостаточное осушение, слабая аэрация или избыточная плотность торфяной залежи задерживают нитрификацию и ухудшают условия произрастания сельскохозяйственных культур.

В осушенных почвах в аэробных условиях нитрифицирующие бактерии энергично мобилизуют азот, обусловливая высокое плодородие. При вторичном заболачивании или поднятии уровня грунтовых вод в результате анаэробиозиса возникают процессы денитрификации — разложения нитратов с потерей молекулярного азота.

С усилением окультуривания в болотных почвах возрастает количество почвенных желтозеленых и синезеленых водорослей, которые участвуют в превращении торфа в землистую массу.

Торфяные почвы более северных районов характеризуются меньшей биологической активностью. Здесь приемы окультуривания должны повышать их биохимическую активность.

Торфяные почвы богаты азотом, но в ней недостаточно минеральных форм его в связи со слабой биологической активностью. Поэтому приемы окультуривания должны быть направлены на повышение биохимической активности этих почв. С окультуриванием торфяных болотных почв в них усиленно развиваются процессы нитрификации с обильным накоплением NO_3, а низкое содержание фосфора, калия и некоторых микроэлементов, особенно меди, восполняется систематическим их внесением. При осушении повышается сумма поглощенных оснований и степень насыщенности ими, увеличивается количество подвижных P_2O_5 и K_2O, исчезают закисные соли железа.

Оптимальные условия для многих сельскохозяйственных культур создаются глубокой вспашкой торфяных почв. При мелкой вспашке и поверхностном фрезеровании отмечается резко выраженная двучленность почвенного профиля, что препятствует ускоренному окультуриванию этих почв. Глубокая вспашка и фрезерование активизируют развитие аммонифицирующих и других бактерий и плесневых грибов, что приводит к повышению плодородия болотных почв. Для ускоренного освоения торфяных почв применяют первичное парование — повторные глубокие рыхления почвы в год подъема целины с внесением под первую обработку фосфорных и бактериальных удобрений или органических веществ (навоз, компост), обогащенных микрофлорой.

При окультуривании торфяных почв необходимо предусматривать противоэрозионные мероприятия. Особенно это требуется на пойменных болотных почвах, не вышедших из зоны затопления. Торф вспаханных пойменных болотных почв подвергается всплыванию при затоплении и распылению ветром. На болотных почвах в засушливые периоды торф нередко выгорает, поэтому необходимо предусматривать противопожарные мероприятия.

Значительные площади в стране занимают выработанные торфяники, на месте которых при умелом использовании могут быть созданы плодородные почвы. Остаточный торф на таких выработках различается по составу, генезису и степени разложения. Чем менее разложен остаточный торф, тем он медленнее заселяется растениями в связи с относительно малым содержанием водорастворимых форм органического вещества и сохраняющейся кислой реакцией. В таком остаточном торфе сравнительно мало содержится фосфора, так как значительная часть легко растворимой фосфорной кислоты образует с железом труднодоступные для растений соединения. Однако такой остаточный торф, оказавшийся на поверхности после выработки, довольно быстро разлагается. По мере его разложения улучшаются условия накопления нитратов, особенно в торфе, сформировавшемся при увлажнении жесткими водами и имеющем нейтральную реакцию. В кислом торфе накопление нитратов не происходит.

Минерализация торфа возрастает с припахиванием нижележащих минеральных гумусовых горизонтов. По мере разложения увеличивается зольность, а вместе с этим происходит закрепление гумусовых веществ в результате коагуляции водорастворимого гумуса. В дальнейшем с окультуриванием таких почв постепенно понижается их кислотность и увеличивается содержание поглощенных оснований. Количество общего азота в остаточном торфе достаточно высокое, но переход его в аммиачные, а затем в нитратные формы осуществляется медленно. Мощность остаточного торфа после выработок не должна быть менее 50 см, так как только при таком слое может быть создана плодородная почва.

Для создания хорошей почвы на месте выработанных торфяников необходимо следующее: а) восстановить, а в иных местах создать заново осушительную сеть, осуществить планировку поверхности, сохраняя необходимую минимальную мощность торфяного слоя; б) при pH 5 и ниже проводить известкование (3—6 т извести на 1 га); в) вносить навоз для активизации биологических процессов в торфе; г) выбирать необходимый состав культур, который в дальнейшем в связи с окультуриванием надо корректировать.

После осушения и окультуривания низинные торфяные болотные почвы используют под посев различных сельскохозяйственных культур: зерновых, картофеля, овощей (капусты, моркови), кормовых корнеплодов, трав. При надлежащей эксплуатации осушительных систем и соблюдении правил агротехники получают высокие стабильные урожаи указанных культур, благодаря чему затраты на мелиорацию и освоение быстро (за 3—4 года) окупаются.

Осушенные верховые торфяники требуют гораздо больше затрат на их освоение. Поэтому эти торфяники чаще используют на топливо, для приготовления строительных термоизоляционных материалов. В сельском хозяйстве торф верховых болот применяют для удобрения после обязательного компостирования с навозом и фосфоритной мукой. Используют этот торф так же, как подстилку для скота на животноводческих фермах, а затем как удобрение.

Глава XI
ПОЧВЫ БУРОЗЕМНО-ЛЕСНОЙ И ЛИСТВЕННО-ЛЕСНОЙ ЗОН И ЛЕСОСТЕПИ

§ 40. Почвы буроземно-лесной зоны

Буроземно-лесная зона — это зона широколиственных смешанных лесов в предгорных и равнинных территориях СССР: в западных районах Украины, Молдавии, на Кавказе и в южных районах Дальнего Востока (Уссурийско-Ханкайской и Зее-Буреинской провинциях), занимающих площадь около 45 млн. га. Почвы зоны образуются в условиях теплого и умеренно влажного климата с непродолжительной теплой и влажной зимой, нежарким и влажным длительным летним периодом.

Атмосферных осадков в Закарпатье выпадает 800—1000 мм при

испарении 600 мм, на Дальнем Востоке — 450—600 мм при испарении 430—550 мм. Сумма температур более 10° С в Предкарпатье достигает 2800—3000 °С, на Дальнем Востоке — 1900—2600 °С. Господствующий промывной тип водного режима, теплое и влажное лето благоприятствует развитию лесной растительности. В Прикарпатской провинции произрастают буково-дубовые, буково-грабовые, дубовые и дубово-ясеневые леса. На Дальнем Востоке бурые лесные почвы развиваются под лесами, в составе древостоя которых встречаются ель саянская, пихта, кедр, дуб, клен, липа, береза каменная, рододендрон и др.

Разнообразие природных условий зоны привело к образованию широкой гаммы почв. Наиболее типичны для зоны бурые лесные почвы. В зависимости от степени увлажнения, механического состава, условий дренирования в этой зоне формируются также бурые лесные глеевые, подзолисто-бурые лесные, подзолисто-бурые лесные глеевые почвы; распространены дерново-карбонатные, лугово-черноземовидные, лугово-бурые (луговые подбелы), луговые глеевые почвы.

В Закарпатье бурые лесные почвы развиты в полого-увалистых предгорьях на древней красноцветной и пестрой коре выветривания и пролювиальных отложениях.

В Предкарпатье бурые лесные почвы развивались под широколиственными буково-дубовыми и дубово-ясеневыми лесами. Почвообразующие породы — элювиальные, элювиально-делювиальные; аллювиально-делювиальные и древнеаллювиальные отложения.

Гидротермические условия зоны благоприятствуют разложению первичных и образованию вторичных глинистых минералов. В связи с этим в бурых лесных почвах выражен процесс оглинения, который протекает при гидролизе первичных минералов и в результате минерализации органических остатков при активном участии микроорганизмов и высшей растительности. Оглинение отчетливее проявляется в срединной части профиля почвы и выражается накоплением ила, железа, алюминия, марганца, фосфора, магния, кальция. Промывной тип водного режима обусловливает вынос некоторых органических, органо-минеральных и минеральных соединений.

Бурые лесные почвы весьма многообразны в связи с комплексным проявлением процессов лессиважа, оподзоливания и даже дернового почвообразования. Процесс лессиважа сопровождается образованием натечных форм оптически ориентированного глинистого вещества в иллювиальном горизонте.

Лессиваж, протекающий при участии менее кислого гумуса, не сопровождается глубоким физико-химическим изменением пород, как при оподзоливании. Горизонт биологической аккумуляции (A_1) при лессиваже выражен отчетливее, чем при оподзоливании. В горизонте B и отчасти в горизонте C отмечается повышенное содержание ила. Эти горизонты достигают большей мощности. Они характеризуются устойчивостью минералогического состава.

Лессиваж как процесс почвообразования состоит из элементар-

ных процессов типа суффозии и промывания на фоне сложных биологических явлений. Лессиваж и оподзоливание могут сосуществовать. Лессиваж как более простой процесс почвообразования может сопровождать подзолообразование; периодически он осложняется кислотным оподзоливанием. Преобладание одного процесса над другим приводит к разным результатам. Эти различия, помимо морфологических черт в составе глинистых минералов, проявляются в относительно большем содержании фульвокислот в оподзоленных почвах. Лессиваж в отличие от подзолистого процесса почвообразования не связан с разложением лесной подстилки и развивается под разреженными лесами с травянистой растительностью. Почвы, образующиеся в процессе лессиважа, имеют лишь внешние черты оподзоленных.

Оподзоливание, развивающееся в более континентальных условиях и при замедленном разложении лесного опада, выражается в формировании переходного горизонта A_2B и даже подзолистого A_2. С проявлением дернового почвообразования связано заметное гумусирование почв. Повышенное увлажнение в течение длительного теплового периода сопровождается поверхностным оглеением.

У большинства бурых лесных почв слабо дифференцирован почвенный профиль. Под горизонтом A_0 залегает малоразвитый горизонт A_1 мощностью 5—30 см, желто-бурого цвета, рыхлого сложения, зернисто-ореховатой и комковатой структуры. Местами выделяется горизонт A_2B с кремнеземистой присыпкой. Горизонт B бурого цвета, комковато-ореховатый, с бурыми выделениями в нижней части, мощностью 15—30 см, ниже — горизонт C, часто щебнистый.

Бурые лесные почвы характеризуются увеличением илистой фракции в горизонте B, что свидетельствует о процессе оглинения и проявления лессиважа. Валовой состав характеризуется увеличением содержания полуторaокислов по профилю и окиси кремния в верхних горизонтах, особенно в оподзоленных и поверхностно глеевых почвах. Поверхностно-оглеенные почвы характеризуются высоким содержанием в горизонтах оглеения подвижного железа. Гумус бурых лесных почв отличается преобладанием фульвокислот над гуминовыми.

У большинства почв описываемого типа наблюдается слабокислая или кислая реакция. Почвенный поглощающий комплекс не насыщен основаниями в связи с выносом легкорастворимых солей и карбонатов кальция.

Общий характер бурых лесных почв определяется особенностью биологического круговорота веществ под широколиственными лесами с возвращением в почву значительно большего количества оснований, чем в хвойном лесу.

Под широколиственными лесами подзолообразование не выражено, так как с опадом (лесная подстилка) в почву возвращается достаточное количество оснований (кальция в особенности), которые, нейтрализуя гумусовые кислоты, мешают выщелачиванию почв.

Однако на равнинных поверхностях местами выражено оподзоливание, оглинение и оглеение бурых почв. Содержание гумуса, ила и физические свойства бурых лесных почв показаны в таблице 18.

18. **Содержание гумуса, ила и физические свойства бурых лесных почв**

Почва, провинция	Горизонт	Глубина (в см)	Гумус (в %)	pH	Поглощенные основания (в мэкв/100 г почвы)		Ил (в %)
					Ca	Mg	
Бурая лесная кислая оподзоленная, Закарпатская	$A_0\ A_1$	0—5	5,6	4,3	4,9	2,4	14,2
	$A_1\ A_2$	5—15	1,9	3,8	2,0	1,9	15,9
	$A_2\ B$	30—45	0,9	3,7	2,4	1,0	16,7
	B_1	60—65	0,4	3,3	4,9	2,4	21,1
	B_2	80—85	0,3	3,3	6,9	1,9	27,8
	CB	130—135	0,2	3,4	8,3	1,0	25,4
Бурая лесная кислая, Зейско-Буреинская	A_1	2—8	14,5	5,3	29,8	5,8	35,0
	$A_1\ B$	8—13	3,7	4,1	10,2	4,8	43,0
	B	13—22	3,2	3,6	5,8	3,2	45,0
	BC	25—35	2,2	3,6	3,2	1,6	35,0
	BC	35—45	1,1	3,6	1,6	2,7	32,0

Бурые лесные почвы характеризуются значительной емкостью поглощения — около 30—35 мэкв/100 г почвы. Из поглощенных оснований преобладают кальций и магний. Поглощенные водород и алюминий содержатся в малом количестве с преобладанием последнего, чем объясняется относительно большая устойчивость почвенного поглощенного комплекса.

Более благоприятными физико-химическими свойствами отличаются остаточно дерново-карбонатные почвы зоны с реакцией, близкой к нейтральной, с большей емкостью поглощения и высокой степенью насыщенности основаниями.

Бурые лесные почвы, имеющие сравнительно хорошую структуру, слабокислую и нейтральную реакцию, с достаточным запасом элементов питания, характеризуются более высоким плодородием, чем подзолистые почвы.

Для повышения продуктивности пахотных бурых лесных почв необходимо создавать мощный пахотный горизонт путем постепенного его углубления и систематического внесения органических и минеральных удобрений, а также известкования кислых почв. В Дальневосточной провинции пахотный горизонт нуждается в осушении, оструктуривании (например, травосеянием). Правильное

использование бурых лесных почв подразумевает сохранение лесных насаждений и борьбу с эрозией.

Со сведением леса первичные бурые лесные почвы утрачивают свои обычные морфологические признаки, трансформируются в пахотные, частично в сенокосные и пастбищные угодья. Часть из них еще остается под лесными угодьями, особенно в Дальневосточной провинции.

В европейской части СССР на бурых лесных почвах, недавно вышедших из-под леса, по низким предгорьям возделывают различные зерновые и технические культуры. На бурых лесных почвах выращивают также плодовые и овощные культуры.

В условиях Дальнего Востока, помимо перечисленных культур, выращивают сою, а на достаточно богатых почвах понижений и равнин, успешно внедряют культуру затопляемого риса. Хорошие урожаи дают сеяные травы.

При относительно повышенном количестве осадков почвы зоны испытывают поверхностное переувлажнение и требуют проведения мероприятий по дренированию и аэрации, а также увеличения мощности пахотного слоя, обогащения его органикой, возделывания многолетних трав, известкования, внесения минеральных и органических удобрений, оструктуривания.

Особого внимания требует охрана почв и ландшафтов, проведение профилактических противоэрозионных мероприятий, правильное использование и создание лесонасаждений.

§ 41. Почвы лиственно-лесной зоны и лесостепи

Лиственно-лесная зона и лесостепь как физико-географический ландшафт сформировались в доледниковое время. В четвертичный период они неоднократно меняли очертания своих границ и общий облик. В настоящее время занимают около 120 млн. га, включая черноземы лесостепей.

Почвы лиственно-лесной зоны и лесостепей в виде вклиниваний и островов заходят в степную черноземную зону примерно до линии Кишинев — Полтава — Саратов — Куйбышев — Петропавловск — Барнаул. Граница на севере совпадает с северной границей лесса и сплошного распространения лессовидных суглинков — пород, насыщенных основаниями, особенно кальцием. Эта граница лиственно-лесной зоны в основном соответствует южной границе распространения ели. По южной границе лесостепей широколиственные леса водоразделов постепенно исчезают, и луговые степи переходят в ковыльные.

В европейской части СССР выделяются следующие провинции лиственно-лесной зоны и лесостепей: Украинская, включающая возвышенное правобережное Приднепровье и пониженное левобережное Приднепровье, Среднерусская возвышенность, Окско-Донская низменность, Приволжская возвышенность, низменное Заволжье, высокое Заволжье, Приуральская, Приалтайская и Присаянская провинции, а в азиатской части — Западносибирская и Приалтайская.

Формирование почв этой зоны объясняется ее климатическими особенностями — недостаточным увлажнением, контрастностью сезонов года и изменчивостью климатических элементов, чередованием засушливых периодов с более влажными (табл. 19).

19. **Климатические показатели зоны**

Провинция	Температура (в °С)		Вегетационный период (в днях)	Сумма температур выше 10 °С (в °С)	Осадки	Испаряемость
	в январе	в июле			в мм	
Украинская	—4, —8	19,5—20	155—159	2450—2600	550—700	500—550
Среднерусская	—8, —13	18,5—19	144—150	2200—2400	500—550	500—550
Западносибирская	—16, —19	18—18,5	116—120	1750—1850	350—420	380—420
Приалтайская	—18, —25	17,5—18,5	95—104	1400—1600	360—450	450—470

Такая изменчивость климата способствует расчленению растительности на одной территории на лес и степь, препятствуя сплошному облесению на севере зоны и полному исчезновению лесов на юге. Климат этой зоны изменяется не только с севера на юг, но и с запада на восток в связи с изменением континентальности и радиационных условий, вызывая качественные различия растительности, почв и других элементов ландшафта.

Основные различия климата между восточными и западными районами лесостепей заключаются в уменьшении солнечной радиации из-за более северного положения восточной части и нарастания континентальности в восточном направлении. Эти различия выражаются в сокращении теплого периода года к востоку, ослаблении циклонической деятельности и возрастании суровости холодного периода. Более четкие различия характерны для европейской части СССР (табл. 20).

Растительность лесостепной зоны представлена широколиственными лесами и луговыми степями. Палеоботанические данные подтверждают древность лесостепного ландшафта.

Лесостепь приобрела современные черты раньше, чем лесная зона, которая позднее освободилась от материкового ледяного покрова. Размещение массивов леса и луговой степи обусловлено различием форм земной поверхности, тепла, влаги, горных пород и почв. Это размещение непрерывно изменяется и до настоящего времени. Современное размещение леса и луговой степи — результат взаимодействия растительности и окружающей среды. Лес избирает более расчлененные высокие, но увлажненные участки на водоразделах, произрастая в виде островов; степи, наоборот, распространяются по выровненным местам. Расчлененный рельеф и разнообразие почвообразующих пород обусловливают пестроту почв лесостепи.

20. **Природная характеристика провинций европейской части лесостепной зоны СССР**

Показатели	Провинции		
	Украинская	Среднерусская возвышенность	Приволжская возвышенность
Климат			
Суммарная среднегодовая солнечная радиация (в ккал)	95—105	90—100	85—100
Годовая амплитуда температуры воздуха (в °С)	25—27	30—31	33—35
Число дней со среднесуточной температурой выше 10 °С	160—170	140—160	130—140
Продолжительность снежного покрова (в днях)	60—80	120	160
Среднегодовое количество осадков (в мм)	550—500	500	400 и ниже
Суховеи	Нет	Бывают редко	Чаще, чем на Среднерусской возвышенности
Геоморфологические процессы			
Водно-эрозионные	Ослабевают при движении на восток		
Эоловые	Усиливаются при движении на восток		
Почвенные процессы			
Деятельный период почвообразования	Сокращается при движении на восток		
Содержание гумуса в почвах	Минимальное	Среднее	Максимальное
Мощность гумусовых горизонтов	Максимальная	Средняя	Минимальная
Растительность			
Лесная	Флористически наиболее богатые дубравы: граб, бук	Выпадение многих западных видов; граб и бук отсутствуют	Обедненные дубравы, острова березовой лесостепи

Западные провинции относятся к влажным, восточные — к полувлажным. В северной части формируются светло-серые и серые лесные почвы; южнее — темно-серые в сочетании с оподзоленными и выщелоченными черноземами. В серых лесных почвах к востоку содержание гумуса возрастает, но мощность гумусового горизонта уменьшается, а оподзоливание ослабевает.

В Прибалтийской, Западно-и Восточно-Присаянской провинциях распространяются серые лесные сезонно-мерзлотные почвы, где

промерзание достигает 120—150 см и мерзлота длительно не оттаивает. Из-за этого ухудшается водно-термический и питательный режимы почв. В местах с надмерзлотным переувлажнением возникает оглеение почв.

Волыно-Подольская, Среднерусская, Приволжская возвышенности и высокое Заволжье характеризуются повышенной облесенностью, а Днепропетровская, Окско-Донская низменности и низменное Заволжье — безлесной остепненностью.

Формирование почв лиственно-лесной зоны и лесостепей определяется противоположными процессами: с одной стороны, выносом (выщелачиванием), а с другой — биологической аккумуляцией. На севере зоны при нейтральном водном балансе развиваются серые лесные почвы, образующиеся под широколиственными лесами, к югу — черноземы, возникающие под травянистой растительностью луговых степей.

От лесостепи к зоне сухой степи закономерно уменьшается сумма годовых атмосферных осадков от 550 до 250 мм, сток от 120 до 25 мм и испарение от 450 до 200 мм, а испаряемость (возможное испарение) возрастает с 600 до 940 мм. Запасы продуктивной влаги в почвах лесостепей подвержены значительным колебаниям, снижаясь за вегетационный период в метровом слое до 50 мм (500 м³/га) и более.

Основной компонент древесной растительности лиственно-лесной зоны дуб; продолжительное время весной он не покрывается листвой и не затеняет почву, что способствует развитию травянистой растительности под пологом леса. Кроме того, в дубовом лесу с опадом в почву поступает много зольных элементов, количество которых достаточно для нейтрализации гумусовых и минеральных кислот, образующихся при минерализации растительных остатков. Поэтому там преобладает не подзолообразование, а дерновый почвообразовательный процесс.

На Окско-Донской низменности полоса серых лесных оподзоленных почв и выщелоченных черноземов сильно сокращается, сменяясь по 54° с. ш. мощными черноземами. Промывание почв там способствует образованию осолоделых почв типа западинных подзолов и солонцов. Солонцы начинают встречаться на юге зоны по вогнутым участкам склонов и плоским расширениям в вершинах балок и оврагов. Местами резко выражены почвенные комплексы — пятна одних почв на общем фоне других (особенно в Окско-Донской низменности и в Нижнем Заволжье).

Почвы лесостепей нередко имеют заметные провинциальные различия. На Приволжской возвышенности широко распространены собственно серые лесные почвы и оподзоленные черноземы как следствие сильной расчлененности рельефа и преобладания легких почвообразующих пород.

Выделяют два типа серых лесных почв: собственно серые лесные и серые лесные глеевые. Серые лесные делят на светло-серые, серые и темно-серые; серые лесные глеевые — на поверхностно-глееватые и грунтово-глееватые. Выделяют следующие рода почв:

промерзание достигает 120—150 см и мерзлота длительно не оттаивает. Из-за этого ухудшается водно-термический и питательный режимы почв. В местах с надмерзлотным переувлажнением возникает оглеение почв.

Волыно-Подольская, Среднерусская, Приволжская возвышенности и высокое Заволжье характеризуются повышенной облесенностью, а Днепропетровская, Окско-Донская низменности и низменное Заволжье — безлесной остепненностью.

Формирование почв лиственно-лесной зоны и лесостепей определяется противоположными процессами: с одной стороны, выносом (выщелачиванием), а с другой — биологической аккумуляцией. На севере зоны при нейтральном водном балансе развиваются серые лесные почвы, образующиеся под широколиственными лесами, к югу — черноземы, возникающие под травянистой растительностью луговых степей.

От лесостепи к зоне сухой степи закономерно уменьшается сумма годовых атмосферных осадков от 550 до 250 мм, сток от 120 до 25 мм и испарение от 450 до 200 мм, а испаряемость (возможное испарение) возрастает с 600 до 940 мм. Запасы продуктивной влаги в почвах лесостепей подвержены значительным колебаниям, снижаясь за вегетационный период в метровом слое до 50 мм (500 м³/га) и более.

Основной компонент древесной растительности лиственно-лесной зоны дуб; продолжительное время весной он не покрывается листвой и не затеняет почву, что способствует развитию травянистой растительности под пологом леса. Кроме того, в дубовом лесу с опадом в почву поступает много зольных элементов, количество которых достаточно для нейтрализации гумусовых и минеральных кислот, образующихся при минерализации растительных остатков. Поэтому там преобладает не подзолообразование, а дерновый почвообразовательный процесс.

На Окско-Донской низменности полоса серых лесных оподзоленных почв и выщелоченных черноземов сильно сокращается, сменяясь по 54° с. ш. мощными черноземами. Промывание почв там способствует образованию осолоделых почв типа западинных подзолов и солонцов. Солонцы начинают встречаться на юге зоны по вогнутым участкам склонов и плоским расширениям в вершинах балок и оврагов. Местами резко выражены почвенные комплексы — пятна одних почв на общем фоне других (особенно в Окско-Донской низменности и в Нижнем Заволжье).

Почвы лесостепей нередко имеют заметные провинциальные различия. На Приволжской возвышенности широко распространены собственно серые лесные почвы и оподзоленные черноземы как следствие сильной расчлененности рельефа и преобладания легких почвообразующих пород.

Выделяют два типа серых лесных почв: собственно серые лесные и серые лесные глеевые. Серые лесные делят на светло-серые, серые и темно-серые; серые лесные глеевые — на поверхностно-глееватые и грунтово-глееватые. Выделяют следующие рода почв:

мощностью около 20 см, буровато-серый или темно-серый, с ореховатой структурой. Нижняя граница иллювиального горизонта *B* может залегать на глубине до 90—120 см, он имеет бурую или коричнево-бурую окраску, ореховато-призматическую или ореховатую структуру. Серые лесные почвы характеризуются слабокислой реакцией (pH 4—6,5), степенью насыщенности основаниями от 70—80 % в верхних горизонтах и до 90—95 % в нижних. Содержание гумуса больше (4—9 %), чем в светло-серых лесных почвах (табл. 21).

21. **Характеристика серой лесной суглинистой почвы** (по Н. П. Ремезову)

Горизонт	Глубина (в см)	Гумус (в %)	Содержание (в % на абсолютно сухую почву)			Обменные катионы (в мэкв/100 г почвы)				Насыщенность основаниями (в %)	pH солевой вытяжки
			SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Ca	Mg	H	сумма		
A_1	2—10	4,4	80,5	8,6	3,4	20	8	6	34	82	5,5
$A_1\,A_2$	20—30	1,8	80,3	8,5	4,5	16	6	4	26	85	5,7
B_1	40—50	0,7	75,4	8,2	5,4	18	6	2	26	92	5,8
B_2	70—80	0,4	75,6	10,1	5,7	17	6	1	24	91	6,0
B_3	100—110	0,4	76,2	9,8	5,5	19	6	1	26	96	6,0

Темно-серые лесные почвы имеют еще более мощный горизонт A_1 — до 50 см, темно-серый, с выраженной комковатой или комковато-ореховатой структурой. Верхние горизонты отличаются слабокислой реакцией (pH 6—6,6), гумуса содержат 6—12 %, степень насыщенности основаниями до 95—99 %.

Серые лесные глеевые почвы распространены на территориях, занятых серыми лесными почвами, в условиях повышенного увлажнения — в западинах, на нижних участках склонов, на слабодренированных водоразделах, сложенных тяжелыми по механическому составу породами. Повышенное увлажнение из-за медленного стекания поверхностных вод или из-за близости поверхности грунтовых вод приводит к развитию процессов оглеения и увеличению гумусово-аккумулятивного горизонта.

Серые глеевые почвы характерны высоким содержанием гумуса (2,5—11 %), в составе которого много гуминовых кислот, реакция среды верхних горизонтов кислая (pH 4—4,5), степень насыщенности основаниями высокая (90—97 %). Верхние горизонты содержат обменные основания — 25—45 мэкв/100 г почвы.

Серые лесные поверхностно-глееватые почвы образуются при переувлажнении поверхностными водами. Для них характерен темно-серый с сизоватым оттенком гумусовый горизонт A_1, зернисто-комковатой структуры, содержащий мелкие марганцовисто-железистые новообразования. Переходный горизонт *AB* грязно-бурый, мелкоореховатый, содержит охристые примазки и железистые но-

вообразования. Иллювиальный горизонт *B* грязно-бурый, призмовидно-ореховой структуры.

Серые лесные грунтово-глееватые почвы образуются в условиях близкого залегания грунтовых вод. Мощность горизонта A_1 20—35 см, темно-серого цвета, зернисто-комковатой структуры. Переходный горизонт *AB* бурого цвета, мелкоореховатой структуры. Иллювиальный горизонт *B* бурый или темно-серый, призмовидно-ореховатой структуры. Под ним залегает переходный горизонт BC_g, цвет бурый или грязно-бурый, содержит сизые и ржаво-охристые пятна и примазки, железистые новообразования, т. е. имеет явные признаки оглеения.

Серые лесные почвы Западно-Сибирской низменности ниже оподзоленного горизонта A_1A_2 имеют гумусовый горизонт пепельно-темно-серого или черного цвета, рассыпчатой мелкоореховатой или плитчато-ореховатой структуры. Ниже расположен хорошо выраженный иллювиальный горизонт *B*.

На карбонатных породах залегают остаточно-карбонатные серые лесные почвы с коричневатым оттенком гумусовых горизонтов. Горизонт B_1 у них коричнево-красный, ореховатой структуры с черно-бурыми затеками гумуса. У этих почв слабо выражены признаки оподзоленности, они обычно вскипают с 40—60 см.

В Западно-Сибирской низменности распространены серые лесные глеевые осолоделые почвы с отчетливо выраженной кремнеземистой присыпкой, реакция их близка к нейтральной, залегание карбонатов по сравнению с неосолоделыми почвами — повышенное.

Серые лесные почвы отличаются значительной уплотненностью иллювиальных горизонтов (плотность около 1,5—1,65 г/см³). Общая пористость около 50—60 % в верхних горизонтах, 40—45 % в иллювиальных. В светло-серых почвах преобладает капиллярная пористость над некапиллярной. В связи с этим светло-серые лесостепные почвы отличаются меньшей водопроницаемостью. Темно-серые характеризуются большей влагоемкостью и большим содержанием доступной растениям влаги. Недостаточное содержание гумуса при повышенном содержании пылевато-илистой фракции обусловливает способность верхних горизонтов к обесструктуриванию почвы, заплыванию и образованию корки. Физическая спелость серых лесных почв наступает позже, чем черноземов. Серые лесные почвы отличаются благоприятным тепловым режимом.

В Сибири в связи с малой мощностью снежного покрова серые лесные почвы глубоко промерзают. Еще в мае нижние горизонты могут иметь отрицательную температуру. Медленное оттаивание и прогревание препятствуют микробиологическим процессам и затормаживают развитие корневых систем.

При таянии снежного покрова почва глубоко промачивается и местами на какой-то период создается промывной тип водного режима. Под лесом в связи с глубоким летним иссушением (до 4—5 м и более) талые воды не всегда промачивают почву, и периодическое промачивание реже и меньше, чем на пашне.

Наиболее благоприятный питательный режим наблюдается у темно-серых лесостепных почв, у которых большой запас гумуса, азота, фосфора и других элементов зольного питания растений. Они характеризуются относительно более высоким природным плодородием.

§ 42. Сельскохозяйственное использование и мелиорация серых лесных почв

Серые лесные почвы в настоящее время используются следующим образом: пашней занято 28 млн. га, или 43,8 %, сенокосами и пастбищами — 6 млн. га, или 9,4 %, лесами и кустарниками — 26 млн. га, или 40,6 %; заболоченные, неудобные и занятые земли составляют 4 млн. га, или 6,2 %. При правильной агротехнике эти почвы пригодны для выращивания многих сельскохозяйственных культур: озимой и яровой пшеницы, сахарной свеклы, кукурузы, картофеля, льна и др.

Для светло-серых и серых лесных почв характерна кислая реакция в верхних горизонтах, ненасыщенность основаниями и небольшое содержание питательных веществ. Эти почвы слабо оструктурены, пахотный слой склонен к распыленности. Для повышения их плодородия необходимо известкование, систематическое внесение органических и минеральных удобрений, углубление пахотного горизонта, травосеяние. Темно-серые почвы более плодородны, но они также отзывчивы на органические и минеральные удобрения.

Значительная расчлененность рельефа в ряде районов способствует водной эрозии, поэтому большое значение имеют противоэрозионные мероприятия, соответствующие севообороты и приемы обработки почвы.

В серых лесных почвах периодически наблюдается недостаток атмосферного увлажнения, поэтому важное значение имеют мероприятия по накоплению и сохранению влаги — снегозадержание, улучшение впитывания влаги в почву, уменьшение поверхностного стока и непродуктивного испарения путем разрушения почвенной корки. В зоне лесных почв применяют регулирование местного стока строительством прудов и небольших водохранилищ; в последнее время развивается орошение.

В процессе окультуривания серых лесных почв снижается их кислотность, повышаются емкость поглощения и насыщенность основаниями, увеличивается содержание в них питательных элементов, улучшается состав гумуса.

Серые лесные глеевые почвы в дополнение к указанным выше мероприятиям требуют осушительных мелиораций, без которых весной затруднена их обработка, а во влажные годы посевы вымокают. В зависимости от причин переувлажнения применяют или ускорение поверхностного стока, или понижение уровня грунтовых вод.

Глава XII
ПОЧВЫ ЧЕРНОЗЕМНО-СТЕПНОЙ ЗОНЫ

Под травянистой растительностью черноземно-степной зоны, где биологическая аккумуляция достигает наивысшего уровня, формируются черноземы — лучшие почвы в мире. Площадь их в нашей стране составляет 189 млн. га, или около 48,4 % всей площади черноземов мира.

Черноземно-степная зона лежит к югу от лесостепной и широкой полосой вытянута с запада на восток; к востоку от р. Оби по предгорьям и межгорным понижениям она в значительной мере замещается лесостепью.

Климат степной зоны заметно разнится в широтном и долготном направлениях. Если на севере зоны он умеренно влажный, то на юге — полусухой до засушливого. С запада на восток возрастает континентальность и сухость, сокращается безморозный и вегетационный период. Континентальность наиболее выражена в Забайкалье.

Средняя годовая температура зоны 3—7 °С, варьирует от 0 °С на востоке до 10 °С на западе зоны. Лето теплое, с температурой июля 19—25 °С. Зима умеренно холодная, со средней температурой января от —4 °С на западе до —20 °С на востоке зоны. Безморозный период превышает 180 дней. Растения успевают образовать большую массу органического вещества.

Годовое количество осадков на западе зоны колеблется с юга на север от 300 до 500 мм, в азиатской части СССР — от 250 до 400 мм. В Поволжье выпадает 400—500 мм, в Предкавказье — до 600 мм. Отмечается также резкое колебание количества осадков по годам; около 50 % их выпадает летом. Зимой осадков больше в европейской части и мало (около 13—17 %) в Сибири. Почва промачивается слабо и неглубоко. Снежный покров достигает 10—30 см. На юге зоны он неустойчив. Зимы малоснежные. Почва промерзает на 80 см и более.

Возможное годовое испарение с водной поверхности (испаряемость) в европейской части зоны достигает 550 мм. На юге зоны в засушливые годы испаряемость может составлять 1000 мм; в летний период почвы сильно иссушаются.

Травянистая растительность степей в недавнем прошлом отличалась хорошим развитием в течение длинного вегетационного периода. При отмирании ее осенью оставалось большое количество корневой и надземной массы — основного источника гумуса. В настоящее время степь сильно распахана. Природная растительность сохранилась на незначительных площадях. Травянистая растительность в прошлом была представлена на севере зоны разнотравно-ковыльно-типчаковыми ассоциациями. С возрастанием засушливости она менялась: на юге — на ковыльно-типчаковые ассоциации, а на юго-востоке — на злаково-полынные. В Западной Сибири растительность представлена узколистными злаками — типчаком, ковылем, полынью, астрагалом и др. Лес сохранился только в балках и степных западинах.

Многообразие черноземных почв увеличивается вследствие различия почвообразующих пород. На формирование черноземов оказывают влияние и местные условия (гидрология, формы поверхности, растительность и т.д.), что также находит отражение в морфологии и свойствах почвы.

Механический и минералогический состав черноземов зависит от состава материнских пород. Суглинистые почвообразующие лессовидные породы и лессы в более северных районах переходят к югу в глинистые, в связи с чем изменяется и механический состав черноземов.

В. В. Докучаев в своем труде «Русский чернозем» писал, что чернозем образуется при отгнивании травянистой степной растительности, а не лесной, и является результатом тесного взаимодействия климата, растительности, рельефа и местности, материнских пород и возраста страны. В. Р. Вильямс также отмечал, что чернозем является результатом развития дернового процесса почвообразования под луговыми степями.

Растительность черноземных степей дает в опад 100—200 кг (и более) органической массы на 1 га ежегодно. С опадом ежегодно поступает в почву около 600—1400 кг элементов зольного и азотного питания на 1 га. Опад обогащен кальцием. Это благоприятствует непрерывному образованию биогенного кальция и его миграции в форме $Ca(HCO_3)_2$.

Наиболее благоприятные условия образования черноземов наблюдаются в южной части лесостепной зоны (типичные черноземы), где образуется наибольшее количество растительных остатков и создается наилучший гидротермический режим. Южнее уже наблюдается некоторый дефицит продуктивной влаги и опада меньше. Уменьшается глубина проникновения и мощность корневых систем, снижается интенсивность гумусообразования.

В южноевропейской части зоны с более мягким и влажным климатом, меньшим промерзанием, более быстрым оттаиванием, более глубокой влагозарядкой наблюдается интенсивный круговорот веществ. Это приводит к формированию более мощных черноземов с мощными гумусовыми горизонтами при относительно меньшем содержании гумуса (3—6 %).

В восточном направлении усиливается континентальность климата, проявляющаяся в глубоком промерзании, медленном оттаивании, малой промачиваемости. С уменьшением глубины корневых систем формируются черноземы с менее мощными гумусовыми горизонтами, но с большим содержанием гумуса (5—14 %). В почвенном профиле выражена языковатость в форме гумусовых затеков по направлению морозобойных трещин. Черноземы Восточной Сибири имеют маломощные гумусовые горизонты с содержанием гумуса 4—9 % и резким спадом его с глубиной.

§ 43. Классификация и характеристика черноземов

Черноземная зона делится на три части: северную (сливается с лесостепью), среднюю и южную. К черноземному типу почвообра-

зования относятся следующие черноземы: оподзоленные, выщелоченные, типичные, обыкновенные, южные, а также лугово-черноземные почвы.

В черноземно-степной зоне выделяют провинции: Украинскую (типичные черноземы на лессах и лессовидных суглинках), Среднерусскую (типичные среднемощные черноземы на лессовидных суглинках), Тамбовско-Пензенскую (типичные мощные черноземы), Заволжскую (типичные среднемощные черноземы), Предуральскую (черноземно-лесостепную), Западносибирскую (лугово-лесную черноземную), Предалтайскую (черноземно-лугово-степную), Среднесибирскую (лесостепную), Приазовскую и Предкавказскую (черноземно-степную на лессовидных древнеаллювиальных и делювиальных отложениях), Центральноказахстанскую (маломощные черноземы).

Черноземы, находящиеся в сельскохозяйственном использовании, делятся по степени окультуренности на слабо-, средне- и сильноокультуренные. В зоне черноземных степей распространены также солончаки и солончаковатые почвы, солонцы и солонцеватые, солоди и осолоделые, пойменные и болотные почвы.

В профиле черноземов отчетливо выражены следующие генетические горизонты: A_0 — степной войлок из остатков травянистой растительности на целине или $A_п$ — распаханный горизонт. Под ним находится гумусовый горизонт $A+B_1$, причем в горизонте A гумуса больше и он темнее, чем в переходном горизонте B_1. Ниже залегает горизонт гумусовых затеков B_2. У оподзоленных и выщелоченных черноземов под этим горизонтом выделяется промытый горизонт B_3, у черноземов южной части черноземно-степной зоны в горизонте B_2 обнаруживаются карбонаты, бурно вскипающие от соляной кислоты. Под горизонтом гумусовых затеков (B_2) находится карбонатный иллювиальный горизонт (B). Карбонаты обусловливают белесоватую окраску.

Гумусовый горизонт $A+B_1$ черноземов достигает 1 м и более. Это соответствует глубине устойчивого промачивания почвы и массового распространения корней растений. На глубине проникновения основной массы корней залегают карбонаты.

Наиболее полное развитие черноземов наблюдается на равнинных водоразделах. Почвы там глубоко окрашены в черный цвет, имеют выраженную комковато-зернистую водопрочную структуру (рис. 32). У черноземов на склонах мощность гумусово-аккумулятивного горизонта значительно меньше, чем у черноземов на террасах речных долин.

Мощность гумусового горизонта черноземных почв уменьшается к югу с усилением засушливости, а в восточном направлении — вследствие нарастания континентальности (уменьшение количества осадков, увеличение глубины промерзания почвы, сокращение безморозного периода и т. д.) и в связи с тем, что основная масса корней растений не выходит за нижнюю границу устойчивого промачивания и поэтому распространяется на меньшую глубину. В восточных районах по трещинам, появляющимся зимой при промерза-

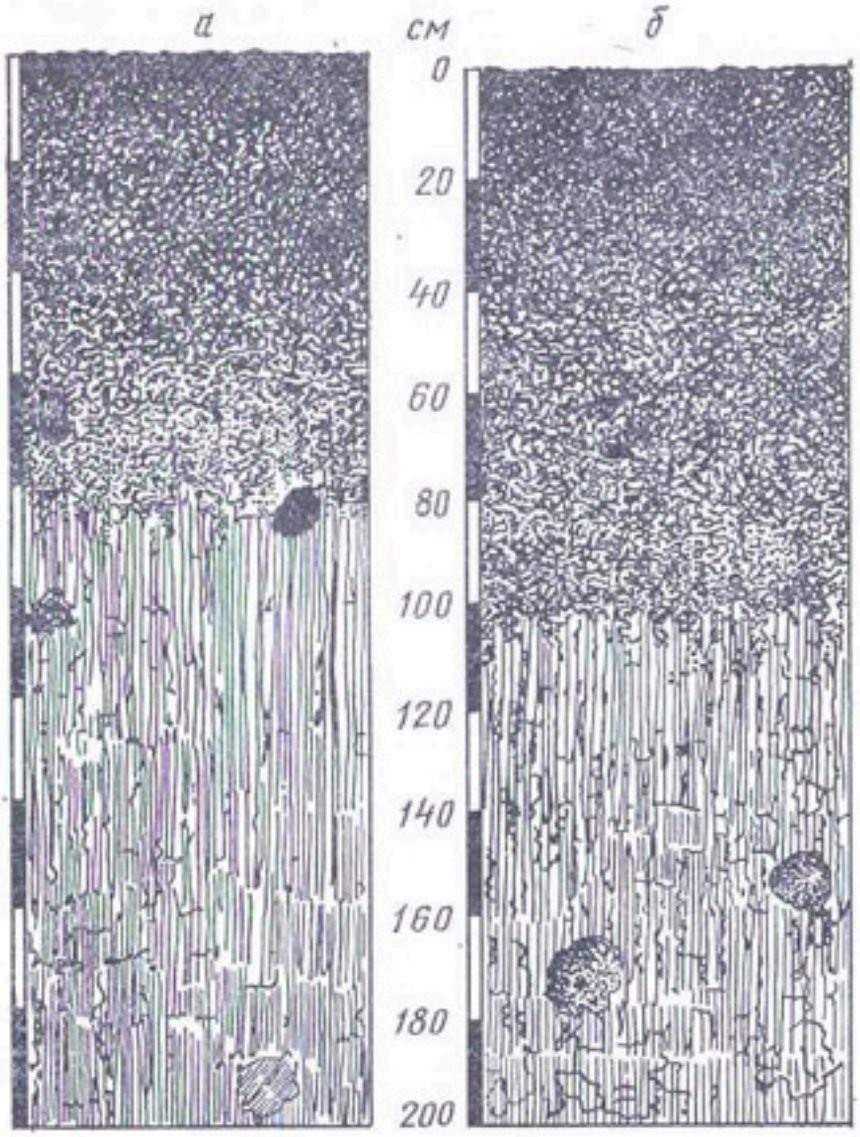


Рис. 32. Черноземы:
а — обыкновенный; *б* — типичный.

нии и летом при высыхании почвы, образуются глубокие в виде языков затеки гумуса.

Данные механического и химического состава черноземов указывают на однородность почвенного профиля. Равномерное распределение кремнекислоты и полуторных окислов говорит об отсутствии миграции их по профилю почвы. Из поглощенных оснований преобладает кальций (табл. 22). Реакция почв близка к нейтральной или слабощелочной; щелочность усиливается с глубиной.

Черноземы содержат много гумуса, количество которого снижается к югу и юго-востоку. Уменьшение гумуса наблюдается также в почвах на склонах южных экспозиций вследствие местного дефицита влаги и поверхностного смыва. Характерный признак гумуса черноземов — значительное содержание гуминовых кислот. Баланс азота в черноземах в значительной мере зависит от фиксации азота воздуха и от протекающих в них процессов нитрификации.

Черноземы имеют типичный солевой профиль с постоянным скоплением карбонатов Ca и Mg ниже гумусового горизонта. Глубина

22. Содержание гумуса и поглощенных оснований в черноземных почвах (по данным МГУ)

Почва	Горизонт	Глубина (в см)	Содержание гумуса (в %)	Содержание поглощенных катионов (в мэкв/100 г почвы)				Содержание CO_2 карбонатов (в %)	pH водной вытяжки
				Ca	Mg	Na	сумма		
Слабовыщелоченный чернозем, тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке (Курская область)	*A*	0—10	10,53	38,0	6,6	—	44,6	—	6,9
		10—20	6,98	31,5	3,3	—	34,8	—	6,3
		36—46	4,55	31,0	4,2	—	35,2	—	6,6
	B_1	60—70	3,36	27,0	2,2	—	29,2	—	6,7
	B_2	100—110	1,57	—	—	—	—	2,95	7,5
	C	160—170	—	—	—	—	—	3,81	7,4
		202—212	—	—	—	—	—	4,88	7,7
Обыкновенный чернозем, высоковскипающий, перерытый, легкосуглинистый на покровном суглинке (Воронежская область)	*A*	0—10	9,75	49,5	7,2	—	56,7	—	7,2
		10—20	8,98	—	—	—	—	0,27	7,3
		26—36	6,40	—	—	—	—	0,11	7,5
	B_1	51—61	3,00	—	—	—	—	8,00	7,4
	C_1	96—106	—	—	—	—	—	7,31	8,1
	C_2	186—196	—	—	—	—	—	4,91	8,3
Южный чернозем, тяжелосуглинистый на лессе (Херсонская область)	*A*	0—10	4,21	21,5	6,2	0,2	27,9	—	7,7
		15—25	3,16	22,0	7,7	0,2	29,8	—	7,4
	B	35—45	2,13	—	—	—	—	0,20	7,2
	C_1	70—80	—	—	—	—	—	8,71	8,0
	C_2	140—150	—	—	—	—	—	5,82	8,0

залегания карбонатов периодически меняется. Она понижается во влажные периоды и повышается в сухие. Миграция их происходит в виде бикарбонатов $Ca(HCO_3)_2$. Количество CO_2 в иллювиальном горизонте 5—8 % и более. Вскипание от HCl отсутствует у оподзоленных черноземов, у выщелоченных появляется в горизонте *C*, у типичных — в горизонте B_2, у обыкновенных — в горизонте B_1 и у южных черноземов — в горизонте $A+B_1$.

Черноземы отличаются мощным поглощающим коллоидным комплексом с большой емкостью поглощения, который насыщен Ca и Mg и почти не содержит H и Na. В черноземах на глубине 2—3 м, а в южных черноземах на глубине 1,5—2 м часто обнаруживается гипс в виде сульфатного иллювия, выше которого (на глубине около 1 м) выделяются карбонаты.

Реакция черноземов приближается к нейтральной и незначительно меняется по сезонам года (pH 6,5—7,5). Оподзоленные и выщелоченные черноземы имеют слабокислую, а южные — слабощелочную реакцию. Минеральная часть черноземов относительно мало меняется по разрезу, силикатная — остается сравнительно устойчивой.

Черноземы имеют благоприятные водно-физические свойства. Плотность твердой фазы их достигает 2,4 г/см³ в горизонте *A* и 2,7 г/см³ в горизонте *C*. Плотность почвы соответственно колеблется от 1—1,2 до 1,61 г/см³, а пористость — от 55—60 до 45—55 %.

Гигроскопическая влага составляет 8—12 %, максимальная гигроскопичность 12—14 % в горизонте *А*, 7—10 % в горизонте *С*. Водный баланс черноземов незначительно варьирует от положительного на севере до отрицательного на юге зоны.

В северных районах зоны (европейская часть СССР — типичные черноземы Среднерусской возвышенности) пополнение влаги в почве начинается с конца сентября, но наибольшее количество поступает в период таяния снега, когда почва на пашне промачивается до полной влагоемкости на глубину 2 м. Расход воды начинается с мая и продолжается все лето. В течение года испаряется 370—550 мм влаги. Под лесом поступление и расход воды значительно больше, чем в открытой степи (приход 290—450 мм, расход 260—665 мм). Несколько южнее в подзоне распространения обыкновенных черноземов промачивание почвы не превышает 1,5 м. Лишь под лесом и в понижениях, где развиты лугово-черноземные почвы, промачивание может достигать глубины 3—4 м. Коэффициент увлажнения колеблется от 0,5 в засушливые периоды до 1 во влажные. Корнеобитаемый слой почвы для зерновых культур, достигающий глубины 2 м, может вместить в виде доступной влаги для растений около половины суммы годовых осадков (табл. 23).

23. **Возможный запас влаги в обыкновенном черноземе** (по данным МГУ)

Слой почвы (в см)	Плотность почвы (в г/см³)	Недоступная для растений влага (в мм)	Предельная полевая влагоемкость (в % от объема)	Запас влаги при ППВ (в мм)	Доступная влага (в мм)	
					в слое	сумма по слоям
0—50	1,12	95	38	190	95	95
50—100	1,37	97	35	175	78	173
100—150	1,41	98	34	170	72	245
150—200	1,47	98	31	155	57	302
200—250	1,50	97	32	160	63	365
250—300	1,50	100	31	155	55	420

Корнеобитаемый двухметровый слой обеспечивает влагоудержание и влагооборот годичного количества осадков. Летние осадки редко проникают глубже 50 см.

На южных окраинах зоны, где годовая сумма осадков составляет 300—400 мм, а возможная испаряемость достигает 700—900 мм, промачивание на выровненных площадях не превышает 1 м. Ниже промоченного слоя находится иссушенный горизонт (влажность 20—22 % объема).

Однородная мелкозернистая структура черноземов обусловливает оптимальную водопроницаемость, значительную влагоемкость и хорошую аэрацию. При такой структуре хорошо сочетается капиллярная и некапиллярная пористость.

Выщелоченные черноземы на севере граничат с оподзоленными черноземами, отличаются от них большей мощностью и

высоким содержанием гумуса. Их профиль делится на следующие горизонты:

горизонт A (35—45 см) — темно-серый или черно-серый, комковато-зернистый со слабо выраженной кремнеземистой присыпкой;

горизонт B (45—55 см) — темновато-серый, с буроватым оттенком, комковато-ореховатый, со слабо выраженной кремнеземистой присыпкой. Выделяются подгоризонты: B_1 — выщелоченный, равномерно окрашенный гумусом; B_2 — выщелоченный, ореховато-призматический пестрый от затеков гумуса, мощностью 20 см у слабовыщелоченных, 20—50 см у средневыщелоченных и более 50 см у сильновыщелоченных. Иногда бывает подгоризонт B_3—бескарбонатный, обычно светло-бурый, ореховато-призматической структуры; $B_к$ — карбонатный, находящийся на глубине 1—1,2 м;

горизонт C — палево-бурый, иногда встречаются кротовины, вскипает с глубины 120 см.

Эти черноземы подразделяются на сильно-, средне- и слабовыщелоченные. Первые приурочены к более северным районам или вогнутым формам поверхности, содержат 8—10 % гумуса и более; запас его 350—550 т/га. Реакция слабокислая или близкая к нейтральной. Гидролитическая кислотность 4—6 мэкв/100 г почвы. Степень насыщенности основаниями 80—90 % и более.

Гумус у выщелоченных черноземов последовательно убывает вниз и в горизонте B_1 на глубине 1 м составляет около 2 %. Полуторные окислы и кремнезем распределяются равномерно по глубине почвенного разреза. В верхней части гумусового горизонта реакция слабокислая, близкая к нейтральной (pH 6—6,5); ниже она становится слабощелочной.

Типичные черноземы распространены преимущественно в центральных частях зоны. Осредненные морфологические черты их следующие:

горизонт A (40—55 см) — темно-серый или черно-серый, комковато-зернистый или зернистый, рыхлый, переход в горизонт B постепенный;

горизонт B (55—65 см) — темно-серый, внизу бурый с гумусовыми языками, комковато-зернистый. Часто хорошо выделяются подгоризонты: AB_1 — темно-серый с бурым оттенком, B_1 — переходный с отчетливо бурым оттенком, с выцветами карбонатов, B_2 — с затеками и пятнами гумуса. Нередко встречаются карбонаты;

горизонт C — мощный палевый карбонатный; встречаются кротовины; бурно вскипает от кислоты. Отсутствуют выцветы солей. Профиль характеризуется относительной однородностью.

Типичные черноземы содержат 10—15 % гумуса (600—750 т/га). Характеризуются равномерным распределением ила и полуторных окислов, а также высокой насыщенностью основаниями (до 90—100 %). Реакция нейтральная (pH—7, внизу около 7,5). Это лучшие в мире почвы с наиболее высоким потенциальным и эффективным плодородием.

Типичные черноземы распространены в виде больших массивов

и островов, заходящих в подзону выщелоченных, а южнее в подзону обыкновенных черноземов. Различают собственно типичные черноземы, карбонатные, вскипающие на глубине 20 см от поверхности, осолоделые с аморфной кремнеземистой присыпкой в горизонте A и некоторым оглеением внизу почвенного профиля. Горизонт $A+B$ мощных типичных черноземов 80—120 см, сверхмощных — более 120 см.

Обыкновенные черноземы. С юга типичные черноземы граничат с обыкновенными, мощность которых несколько меньше, чем первых. Если у типичных черноземов горизонт $A+B$ достигает 120 см, то у обыкновенных он около 80 см. Содержание гумуса 6—9 % (350—450 т/га). С уменьшением количества гумуса окраска почвы становится светлее. Карбонатный, соответственно и сульфатный горизонты несколько поднимаются, достигая нижней границы гумусового горизонта. Обыкновенные черноземы более уплотнены, чем типичные. Изменяются и другие водно-физические, химические и биологические показатели вследствие перехода к засушливым условиям. Реакция почвенного раствора становится щелочной.

Обыкновенные черноземы имеют следующие морфологические особенности:

горизонт A (25—35 см) — темно-серый, комковато-зернистый, рыхловатый; переход в нижележащий горизонт постепенный;

горизонт B_1 (35—40 см) — темновато-серый с буроватым оттенком с темными гумусовыми языками, комковатый; ниже, в горизонте гумусовых затеков B_2, обнаруживается бурное вскипание; выделяется горизонт $B_к$ массового скопления карбонатов, палевый с призматической структурой;

горизонт C — мощный, палевый; встречаются карбонаты в виде белоглазки, много кротовин.

Различают собственно обыкновенные черноземы, карбонатные, вскипающие с поверхности, солонцеватые с заметно уплотненным горизонтом B_1 и осолоделые с затеками гумуса и оглеением внизу. Встречаются также солончаковато-солонцеватые и остаточно-солончаковатые с выцветами солей.

Обыкновенные черноземы характеризуются благоприятными физическими свойствами: хорошей структурой и аэрацией, высокой некапиллярной пористостью, которая заметно снижается в карбонатном горизонте из-за уплотнения почвы. По мере углубления возрастает плотность почвы (от 1 в горизонте A до 1,2 г/см^3 в переходном горизонте BC). Общая пористость высокая (55—62 %).

Гумусово-аккумулятивный и нижележащий горизонт отличаются высокой влагоемкостью, а вместе с тем значительной аэрацией и водопроницаемостью. В слое почвы глубиной 1,5 м удерживается до 500 мм воды, т. е. почти все годовые атмосферные осадки. Летне-осенние осадки полностью задерживаются в зоне наибольшего распространения корней в почве. Весной промачивание почвы достигает 2—3 м. Основной запас воды обыкновенных черноземов расходуется на транспирацию и синтез органического вещества.

Хотя эти черноземы и отличаются благоприятными физическими свойствами и высоким плодородием, однако в засушливые периоды для получения высоких урожаев необходимо орошение.

Физические свойства обыкновенных черноземов характеризуются данными таблицы 24.

24. Физические свойства чернозема обыкновенного суглинистого (Воронежская область, по Н. П. Ремезову)

Генетические горизонты	Глубина залегания горизонта (в см)	Плотность (в г/см³)	Пористость (в %)	Предельная полевая влагоемкость (в %)
A	0—15	1,00	62	32
	15—50	1,12	57	34
B	50—70	1,17	58	34
BC	70—150	1,21	55	35
C_1	150—200	1,19	57	32

Обыкновенные черноземы сильно насыщены основаниями (95 % и более). Емкость поглощения в верхних горизонтах 40—56 мэкв, в нижних—20—25 мэкв/100 г почвы. Нейтральная реакция в поверхностном горизонте с глубиной переходит в щелочную.

На юге черноземной зоны усиливается засушливость климата и теряется луговой характер степи, которая постепенно переходит в сухую степь. Почва сильно иссушается, покрываясь глубокими трещинами. Гумус энергично разлагается, вследствие чего увеличивается содержание легкорастворимых солей. Комковато-зернистая структура разрушается, нарастает карбонатность и уплотнение почвы.

С увеличением содержания легкорастворимых солей обменный кальций частично замещается на натрий, в результате чего возникает солонцеватость почвы.

Южные и солонцеватые черноземы — почвы южной части черноземной зоны, переходящей от черноземных степей к сухим степям с каштановыми почвами, где осадков выпадает меньше, чем испаряется влаги. В южных черноземах вследствие слабого промачивания мощность гумусово-аккумулятивного горизонта *A*+*B* не превышает 50—60 см, в Западной Сибири — редко больше 40 см.

По сравнению с обыкновенными южные черноземы менее окрашены гумусом. Эти почвы содержат его 4—5 % (200—250 т/га), а в восточных районах — до 7 %. Окраска их неравномерная, преобладает серая с коричневым оттенком. Структура выражена хуже, чаще она комковатая, а у солонцеватых черноземов крупнопризматическая. Горизонт *B* у этих почв сильно уплотнен, трещиноватый. Внизу обособляется карбонатный и сульфатный горизонты.

Почвенный разрез южного чернозема имеет такое строение:

горизонт *A* (15—25 см) — серый, со слабым коричневатым оттенком, структура мало выражена, комковатая. Окраска сверху светлее, чем внизу, переход постепенный;

горизонт B (25—35 см) — светло-серый с буроватым или коричневатым оттенком, уплотненный крупнокомковато-мелкопризматический, трещиноватый, вскипает от HCl. Отчетливо выступает подгоризонт B_2 — гумусовых затеков, призматический, ниже подгоризонт $B_к$ — белесовато-палевый, часто с белоглазкой, во втором метре ниже этого подгоризонта обнаруживаются выцветы гипса, иногда легкорастворимые соли;

горизонт C — буровато-палевый, плотнее горизонта B, с пятнами карбонатов, начинающихся с глубины 60—90 см и ниже с конкрециями в виде белоглазки. Глубже 120 см иногда наблюдаются друзы гипса.

Различают собственно южные черноземы, карбонатные, солонцеватые, солончаково-солонцеватые и осолоделые.

Емкость поглощения у южных черноземов меньше, чем у обыкновенных (20—35 мэкв/100 г почвы). Среди поглощенных оснований преобладает кальций. Содержание магния относительно повышено. Иногда в состав поглощенных оснований входит незначительное количество поглощенного Na, поэтому физические свойства южных черноземов ухудшаются.

Южные черноземы распространены в комплексе с солонцеватыми черноземами, которые встречаются в виде небольших участков среди южных несолонцеватых черноземов. Солонцеватые черноземы образуются при вхождении Na в поглощающий комплекс, вытесняющего щелочноземельные основания. Эти черноземы отличаются малой мощностью горизонтов $A+B$ и пониженным содержанием гумуса. В результате вхождения Na в поглощающий комплекс разрушается гумус, и часть его в растворенном виде перемещается из горизонта A в горизонт B, вследствие чего последний уплотняется и темная окраска его усиливается. Зернистая структура, присущая черноземам, утрачивается, появляется слоистость. Уплотненный горизонт B распадается на крупные отдельности.

Солонцеватые черноземы выходят за пределы распространения южных черноземов. Они встречаются в Приднепровье, Центрально-Черноземной зоне, Бузулукском и других районах Средней Волги. В Западной Сибири солонцеватые черноземы почти смыкаются с выщелоченными черноземами. Мелкие участки солонцеватых черноземов приурочены к территориям с микрорельефом в виде блюдцеобразных западин, в которых местами формируются промытые почвы типа солодей или реградированных солонцеватых почв и солонцов.

На древнеаллювиальных равнинах и плоских водоразделах распространены осолоделые черноземы, формирующиеся в условиях слабощелочной реакции с накоплением аморфной кремнекислоты в горизонте A_2. Эти почвы переходят в солоди с мощным белесым горизонтом A_2, обогащенным кремнекислотой. От типичных солодей следует отличать почвы западин, образующихся под лесной растительностью в березово-осиновых колках Западной Сибири (рис. 33).

Рис. 33. Березовые колки в Западной Сибири

На юго-востоке европейской части СССР в черноземном Заволжье развиты также карбонатные черноземы, вскипающие от HCl с поверхности и характеризующиеся растянутым профилем, приближающимся по морфологическим чертам к обыкновенным черноземам. Эти почвы встречаются на высоких террасах куйбышевского Заволжья, на лессовидных террасовых отложениях. Они отличаются сравнительно пониженным содержанием гумуса и увеличенной мощностью гумусового горизонта.

Черноземы нередко смыты сверху. На поверхность выступает оставшаяся от размыва нижняя часть почвы, лишенная гумуса или сохраняющая фрагменты горизонта $A+B$. Смытые черноземы распространены на склонах от водоразделов к балкам и оврагам. Смыв и перерытость кротовинами сильно снижают плодородие черноземов.

В степной зоне имеются лугово-черноземные почвы, формирующиеся в условиях промывного водного режима при участии в почвообразовательном процессе грунтовых вод, залегающих на глубине 2—5 м. Эти почвы отличаются повышенным содержанием гумуса при относительно увеличенной мощности гумусового горизонта. В основании их профиля отмечается глееватость. Они имеют следующие морфологические признаки:

горизонт A — черно-серый, комковато-зернистой или отчетливо зернистой структуры;

горизонт B_1 — темновато-серый, слегка коричневатый зернистый или зернисто-ореховатый;

горизонт B_2 — серый с коричневым оттенком, с гумусовыми затеками и внизу с признаками оглеения, значительно более мощный, чем у почв автоморфного ряда;

горизонт B_3 — коричневато-серый, сильно оглеен и уплотнен;

горизонт C — палево-бурый.

Черноземы Западно-Сибирской низменности имеют отличительные особенности. Гумусовый горизонт ($A+B$) у маломощных черноземов достигает 30 см, у среднемощных—30—50 см, у мощных — более 50 см. В виде языков и затеков он заходит в горизонт B_2. Эти черноземы имеют уплотненный горизонт B, сближающий их по морфологическим чертам с солонцеватыми черноземами, и отличаются непрочной структурой.

Черноземы Восточной Сибири имеют относительно малую мощность гумусового горизонта ($A+B$ — 40—50 см) и небольшой запас гумуса, в котором содержится повышенное количество фульвокислот. Формируются они в условиях глубокого промерзания и периодического промачивания; часто несут признаки поверхностного переувлажнения. Черноземы Забайкалья образуются под луговыми степями. У них слабо выражена карбонатность и наблюдается большая подвижность.

§ 44. Сельскохозяйственное использование и мелиорация черноземных почв

Черноземная зона наиболее освоена в сельскохозяйственном отношении. Под пашню используется около 120 млн. га, что составляет половину всех пахотных земель страны. В отдельных районах распахано до 85—90 % площади, а в целом по зоне — 63 %. В этой зоне сосредоточено также 15 % сенокосов страны, 5 % пастбищ и выгонов. На черноземных почвах возделывают многие сельскохозяйственные культуры: яровую и озимую пшеницу, ячмень, кукурузу, гречиху, коноплю, лен, подсолнечник, горох, фасоль, сахарную свеклу, бахчевые, овощи и др. В европейской части на этих почвах развито садоводство, а на юге — виноградарство. Во влажных районах Молдавии, Украины, Северного Кавказа собирают по два урожая в год — основной культуры, а после ее уборки — пожнивных или подсевных культур.

Черноземные почвы наиболее плодородны, но и они нуждаются в мелиорации, охране, требуют правильной агротехники для сохранения и улучшения их свойств.

Одной из основных причин снижения урожайности и большой ее изменчивости по годам является недостаток влаги, особенно в южной степной части зоны. Периодические засухи, суховеи и пыльные бури в отдельные годы приводят к значительному недобору сельскохозяйственной продукции.

Комплекс мелиоративных мероприятий зависит от климатических условий в различных частях зоны. В северных районах, в лесостепи, как уже указывалось, эффективны меры по сохранению и накоплению влаги путем снегозадержания, уменьшения поверхност-

ного стока. Для этого применяют раннюю зяблевую вспашку, бороздование, щелевание, сохранение стерни, кулисы из высокостебельных культур, лесополосы. Весенние полевые работы проводят в минимально короткие сроки для получения ранних всходов и лучшего использования весенних запасов почвенной влаги.

Большое значение имеет создание мощного пахотного слоя и сохранение структуры, так как в результате длительной и нерациональной обработки почва распыляется, уплотняется и ухудшает свои свойства.

В степных районах черноземной зоны эти меры недостаточны из-за сильного иссушения почв. Поэтому в настоящее время там интенсивно развивается регулярное орошение, строятся крупные оросительные системы (на юге Украины, в Поволжье, на Северном Кавказе). Производственный опыт показал, что поливы в этой зоне надо проводить очень осторожно, не допуская переувлажнения почв, а также бесполезного расхода воды. Орошение превращает естественный непромывной водный режим, в условиях которого веками образовывался чернозем, в промывной, так как неизбежно некоторое просачивание поливной воды в нижние иссушенные горизонты. Это приводит к нежелательным последствиям: ухудшению состава поглощенных оснований, потере части питательных веществ, более быстрому разрушению гумуса. На участках с неупорядоченным орошением наблюдается увеличение щелочности почв и содержания натрия в почвенном поглощающем комплексе, появление осолонцеватости.

На слабодренированных территориях при неправильном орошении отмечается подъем уровня грунтовых вод; приходится строить дорогостоящий дренаж. Поэтому орошение на черноземах необходимо проводить строго дозированно, в нужном количестве и в требуемые сроки.

Черноземные почвы нуждаются в защите от водной и особенно от ветровой эрозии. Наряду с другими мероприятиями в зоне эффективны полезащитные лесные насаждения в виде полос по границам полей, вдоль дорог, каналов. Они уменьшают скорость ветра, сохраняют степной покров, снижают сток талых и ливневых вод, следовательно, уменьшают смыв почвы и опасность образования оврагов. Последнее важно для черноземов лесостепной подзоны. В южной степной части они также предохраняют почву от иссушения и от ветровой эрозии.

Для улучшения солонцеватых черноземов, широко распространенных в Западной Сибири и на севере Казахстана, необходимо дополнительное увлажнение, рыхление уплотненного солонцеватого горизонта, а при сильной солонцеватости — гипсование.

Осолоделые черноземы характеризуются менее благоприятными агрофизическими свойствами. Они нуждаются в рыхлении уплотненного подпахотного горизонта, применении органических и минеральных удобрений. Вносимая в почву фосфоритная мука способствует уменьшению кислотности, которая свойственна осолоделым черноземам.

Глава XIII
ПОЧВЫ СУХОСТЕПНОЙ И ПУСТЫННО-СТЕПНОЙ ЗОН

Сухостепная и пустынно-степная (полупустыня) зоны расположены на северном побережье Черного моря, на севере Прикаспийской низменности и в южной части Западной Сибири. Северная граница этих зон проходит примерно от Камышина через Актюбинск, Кяхту, а южная граница — от долины Терека по северному побережью Каспийского и Аральского морей до озера Балхаш. Общая площадь этих зон 165 млн. га, или 7,4 % территории страны. Из них сухие степи занимают 123 млн. га и представлены в основном каштановыми почвами (107 млн. га) и солонцами (16 млн. га). Пустынно-степная зона занимает площадь 42 млн. га и включает в себя земли с бурыми почвами (20 млн. га), а также комплекс бурых почв с солонцами и лугово-бурыми (22 млн. га).

Климат этих зон характеризуется холодной зимой и жарким продолжительным летом, а также значительными суточными амплитудами температуры весной, летом и осенью. Средняя годовая температура около 5 °С с колебанием от 9 °С и выше на западе, до 2 °С на востоке. Вегетационный период на западе около 230 дней, на востоке — 170 дней.

Количество атмосферных осадков за год достигает 200—350 мм, уменьшаясь к югу и юго-востоку до 150—180 мм. Летом осадков выпадает около 30 % годового их количества. Лето характеризуется большой сухостью воздуха; период максимальных температур совпадает с минимальной влажностью воздуха. Испарение с водной поверхности достигает 1000—1200 мм.

Растительность сухостепной и пустынно-степной зон отличается бедностью видового состава и редким травостоем, преобладанием корневой массы над надземной. На севере сухостепной зоны на темно-каштановых почвах распространены ассоциации типчаково-ковыльных степей, а на каштановых почвах — полынно-ковыльно-типчаковые и полынно-типчаковые. На светло-каштановых и солонцеватых каштановых почвах растения с глубокой корневой системой (ковыль и др.) выпадают вследствие накопления в почве солей. На юге зоны преобладают растения с мощной корневой системой, но проникающей на небольшую глубину. Там произрастает полынь, прутняк, камфоросма. Сухость летнего периода обусловливает развитие эфемеров и ксерофитной растительности. При изреживании травостоя развиваются лишайники и синезеленые водоросли. В западинах местами встречаются кустарники, а в поймах нередко распространены широколиственные леса.

Природная растительность на каштановых почвах дает 8—10 ц сухой надземной массы и около 30—40 ц сухого органического вещества корней с 1 га. Вследствие усиленной минерализации растительных остатков заметной аккумуляции гумуса не происходит.

В пустынно-степной зоне, где образуются бурые почвы, растительность еще более изрежена и низкорослa. Она представлена ксерофитами, полынью и степными дерновинными злаками — типчако-

во-полынными и полынно-биюргуновыми ассоциациями, в которых значительное место занимают эфемеры. Хорошо развиваются там сапрофитные бактерии, играющие значительную роль в трансформации и усиленной минерализации органических остатков.

Рельеф этих зон равнинный с сильно развитым микрорельефом в виде западин, составляющих лабиринт микропонижений, называемых лиманами. Лиманный микрорельеф обусловливает неравномерность увлажнения и солевого режима, резко влияя на характер растительности и почв. Незначительные первичные неровности в результате суффозионных и почвообразовательных процессов прогрессивно углубляются. Местами заметно проявляется нивелирующая роль наносов. По понижениям произрастает более влаголюбивая растительность и образуются промытые почвы, тогда как на небольших повышениях растительность почти отсутствует и формируются засоленные почвы. Микрорельеф, развиваясь в зависимости от почвообразования, является причиной комплексного распространения почв.

Почвообразующими породами на западе зоны (побережье Черного моря) являются лессы. Ергенинская возвышенность и южная равнинная часть Сыртового Заволжья сложены лессовидными суглинками. Северная часть Прикаспийской низменности представлена хвалынскими и хазарскими песчано-глинистыми каспийскими отложениями. Высоко поднятая волнистая и полого-холмистая поверхность Мугоджар сложена плотными горными породами, прикрытыми щебенчатым элювием и делювием. На Тургайской равнине со столовыми останцевыми формами поверхности почвообразующими породами являются древнеэлювиальные и третичные морские отложения. В Зайсанской котловине почвы образуются на древнеаллювиальных отложениях, а в южной части Западносибирской низменности — на древнеэлювиальных, аллювиальных и делювиальных образованиях.

Каштановые и бурые почвы сформировались в условиях непромывного водного режима. Талые воды, стекая по поверхности, слабо увлажняют почву. Скудные запасы весенней влаги быстро используются растительностью, и почва глубоко иссушается. Растительность, обеспеченная водой только весной, ежегодно летом высыхает. Растительные остатки быстро минерализуются и почва становится менее гумусной и более солеиосной.

В зоне каштановых почв большего развития достигают солонцовый процесс почвообразования и формирование каштановых солонцеватых почв и солонцов. Эти почвы от солонцеватых черноземов отличаются меньшим содержанием гумуса, более близким залеганием от поверхности столбчатого горизонта.

§ 45. Классификация и характеристика каштановых и бурых почв

Каштановые почвы делятся на три подтипа: темно-каштановые, каштановые и светло-каштановые. Внутри подтипов выделяют роды: обычные, солонцеватые, солонцевато-солончаковатые, остаточ-

но-солонцеватые, солонцевато-осолоделые, карбонатные, карбонатно-солонцеватые и неполноразвитые на плотных породах.

Территории с темно-каштановыми и каштановыми почвами подразделяются на сухостепные провинции: Восточнопредкавказскую, Донскую, Заволжскую, Казахстанскую, Тувинскую, Забайкальскую. Территория со светло-каштановыми и бурыми почвами представлена пустынно-степными провинциями Прикаспийской и Казахстанской.

Гумусообразование в зоне каштановых почв идет замедленными темпами, еще слабее — темпы выщелачивания водорастворимых солей и карбонатов.

В связи с неблагоприятными условиями увлажнения изреженный растительный покров слабо обеспечивает поступление в почву растительных остатков и не благоприятствует дерновому почвообразованию и достаточной аккумуляции гумуса в почве. Несколько обильнее окрашены гумусом темно-каштановые почвы в сравнении с каштановыми и тем более со светло-каштановыми. Количество биомассы в зоне резко сокращается до 100—200 ц/га. Ежегодный опад и количество корневой массы не превышают 80 ц/га, из них надземная масса редко превышает 15 ц/га.

На каштановый тип почвообразования часто накладывается солонцовый, что составляет особенность почвообразования в данной зоне. Особенностью почвообразования каштановой зоны также является резко выраженная комплексность распространения почв, взаимосвязанная с пятнистым распределением солонцеватости, бесточностью микрорельефных понижений, нарушением поверхности земли, выбросами землероев и т. д., обусловливающих пятнистое распространение растительности и почв.

Почвы каштановой зоны по физическим свойствам в природных условиях хуже южных черноземов. Они характеризуются меньшей оструктуренностью, большей уплотненностью по профилю, вследствие чего недостаточно глубоко промачиваются (не более 70—100 см). Лишь на каштановых почвах легкого механического состава весеннее промачивание достигает 1,5—2 м. Ниже залегает так называемый мертвый горизонт (по Г. Н. Высоцкому).

Морфологические черты каштановых почв значительно варьируют с изменением зональных условий почвообразования. В северных районах зоны под сомкнутым злаковым (типчаково-ковыльным) травостоем формируются темно-каштановые почвы, имеющие более мощный профиль, более темную окраску, лучше выраженную структуру. Мощность горизонта $A+B$—25—50 см; горизонт A — 18—25 см — темно-каштановый, комковато-зернистый; горизонт B —темно-коричнево-бурый, комковато-зернистый, трещиноватый, в нижней части горизонта окраска светлеет; горизонт C— светло-бурый, карбонатный. Карбонаты в разрезе имеют вид прожилок, пятен и белоглазки. Водорастворимые соли обнаруживаются в разрезе почвы на глубине 170—190 см. Количество этих солей достигает 0,2—0,3 %, а в солонцеватых темно-каштановых почвах —0,3—0,8 % массы сухой почвы. Различают темно-каштановые

среднегумусовые (3—4 %) и повышенно-гумусовые (до 4—5 %) почвы; по мощности горизонта $A+B_1$ различают среднемощные (35—50 см) и маломощные (25—35 см). Темно-каштановые почвы содержат поглощенного Ca 70—80 % и Mg 15—30 % емкости поглощения. По направлению к югу мощность гумусового горизонта уменьшается, светлеет его окраска, но часто усиливается окраска горизонта B, почва становится плотнее. Вскипание от HCl в подгумусовых горизонтах наблюдается по всему разрезу.

Основные физические свойства темно-каштановых почв приведены в таблице 25. Эти почвы обладают заметно повышенной пористостью (45—55 %) и предельной полевой влагоемкостью (30—43 % объема).

25. **Физические свойства темно-каштановой почвы Сыртового Заволжья**
(по Л. И. Прасолову и И. Н. Антипову-Каратаеву)

Глубина (в см)	Плотность почвы	Плотность твердой фазы	Пористость	Максимальная гигроскопичность	Предельная полевая влагоемкость
	в г/см³		в % объема		
5—10	1,20	2,60	54	11	43
15—20	1,19	2,64	55	11	40
25—30	1,31	2,68	51	13	38
35—40	1,42	2,66	47	—	34
55—60	1,50	2,68	44	14	35
90—95	1,55	2,64	41	—	30
120—125	1,50	2,70	44	15	—

Собственно каштановые почвы характеризуются следующими общими морфологическими чертами:

горизонт A (15—25 см) — темно-коричневый (каштановый), комковатый, рыхловатый, пронизан корнями травянистой растительности;

горизонт B_1 (25—35 см) — коричневатый или серовато-бурый, крупнокомковатый, карбонатный, уплотненный, трещиноватый; у солонцовых разновидностей структура призмовидно-ореховатая;

горизонт B_2 (30—50 см) — коричневато-палевый с темновато-бурыми полосами гумусовых затеков (мраморовидный) с пятнами карбонатов в форме белоглазки, уплотненный, неотчетливо комковатый;

горизонт B_3 — желтовато-бурый призмовидный, иллювиально-карбонатный;

горизонт C (больше 50 см) — палево-желтый, лессовидный, однородный, уплотненный, карбонатный.

Эти почвы по мощности горизонта $A+B_1$ делятся на среднемощные (30—40 см) и маломощные (20—30 см).

Собственно каштановые почвы содержат 2—4 % гумуса, емкость поглощения 25—35 мэкв/100 г почвы, вскипают с глубины 30—70 см. Каштановые карбонатные почвы вскипают с глубины 0—30 см, глубококарбонатные — с глубины 70—120 см. Солонцеватые

каштановые почвы характеризуются наличием плотного солонцеватого горизонта *B* с повышенным содержанием илистой фракции и полуторных окислов, с повышенной емкостью поглощения. Они отличаются сравнительно высоким залеганием карбонатов. В слабосолонцеватых почвах поглощенного натрия содержится 3—6 %, в среднесолонцеватых — 6—10, сильносолонцеватых — 10—15 % емкости поглощения. Осолоделые почвы в нижней части горизонта *A* имеют обособленную белесую прослойку A_2 мощностью 2—5 см, пластинчато-слоеватого строения. В горизонте *B* отмечаются заметное уплотнение, повышенное содержание илистой фракции и некоторое обогащение полуторными окислами. В этих почвах обнаруживается остаточная солонцеватость. Солончаковые каштановые почвы на глубине 100—120 см содержат повышенное количество (0,5—1 %) водорастворимых солей.

Каштановые почвы отличаются следующей дифференциацией солевого профиля: вверху находятся карбонаты щелочноземельных оснований, внизу — сульфаты (гипс) и хлориды щелочных земель и щелочей. Сульфаты в каштановых почвах распространяются ниже границы промачивания до 180—190 см. Каштановые почвы содержат 0,06—0,15 % фосфорной кислоты и 0,1—0,2 % азота.

Каштановые почвы характеризуются следующими показателями: плотность — 1,2—1,5 г/см³, плотность твердой фазы — 2,6—2,7 г/см³, пористость — 40—45 %. Эти почвы плохо промачиваются. В горизонте *B* отмечается оглинение. Атмосферные осадки проникают на глубину не более 100 см (чаще до 50 см). На глубине 2 м обнаруживается сухой горизонт. Каштановые почвы обладают недостаточным запасом продуктивной влаги. Например, в почвах Волгоградской области в метровом слое весной содержится около 60—80 мм этой влаги, летом — около 20 мм, осенью — около 50 мм.

Светло-каштановые почвы имеют следующую морфологию:

горизонт *A* (0—15 см) — серовато-бурый, слоеватый, листовато-пластинчатый пористый;

горизонт B_1 (15—20 см) — темновато-буроватый уплотненный вследствие увеличения ила, трещиноватый, комковатый. С глубины 25 см заметны прожилки, на глубине 50—60 см встречается белоглазка, а ниже (140—150 см) — гипс. Водорастворимых солей 0,1—0,3 %, емкость поглощения 25—30 мэкв/100 г почвы. Гумуса в среднегумусовых 2—3 %, малогумусовых — 1,5—2 %.

У светло-каштановых почв усиливается степень солонцеватости, которая у очень солонцеватых почв проявляется в сильном уплотнении нижней части гумусового горизонта. В верхней части гумусового горизонта утрачивается водопрочность структуры, горизонт приобретает распыленный характер. Невысокое содержание гумуса в светло-каштановых почвах объясняется тем, что в почву поступает мало растительных остатков из-за скудности травостоя и слабого опада, а образовавшийся гумус, в состав которого частично входят подвижные гуматы, обладает меньшей устойчивостью. У этих почв на глубине 1 м содержится немного водорастворимых

солей (около 0,05—0,1 %), что не угнетает роста и развития растений. При правильном орошении почв с таким количеством водорастворимых солей вторичного засоления не возникает.

Все каштановые почвы содержат много поглощенного Ca. Емкость поглощения и сумма обменных катионов у каштановых почв меньше, чем у черноземов. Сумма поглощенных оснований составляет 30—40 мэкв/100 г почвы, из них Ca — 25—28 мэкв (70—75 % суммы), Mg — 6—9 мэкв (20—25 % суммы). Содержание поглощенного натрия в каштановых и темно-каштановых несолонцеватых почвах обычно не превышает 2—3 % их емкости. Светло-каштановые почвы обладают некоторой солонцеватостью (табл. 26).

26. **Характеристика некоторых химических свойств каштановых почв Заволжья**

Глубина (в см)	Состав водной вытяжки (в %)			Состав обменных оснований (в мэкв/100 г почвы)			
	плотный остаток	общая щелочность	Cl	Ca	Mg	Na	сумма
Светло-каштановые почвы							
0—15	0,084	0,048	0,006	24,8	4,8	1,4	31,0
22—32	0,093	0,060	0,003	21,3	8,2	1,4	30,9
40—50	0,174	0,099	0,024	16,4	5,4	4,1	25,9
72—82	0,345	0,098	0,102	14,0	8,8	5,8	28,6
150—160	0,681	0,070	0,192	15,0	9,6	3,2	27,8
Темно-каштановые почвы							
0—10	0,074	0,026	0,004	27,6	5,4	1,0	34,0
30—40	0,080	0,032	0,002	26,6	5,6	1,0	33,2
50—60	0,084	0,041	0,003	23,5	4,9	1,1	29,5
85—95	0,098	0,049	0,004	19,8	5,7	0,9	26,4

Если темно-каштановые почвы по морфологическим признакам и свойствам сближаются с южными черноземами, то светло-каштановые приближаются к бурым.

В зоне каштановых почв по степным блюдцеобразным понижениям, ложбинам, межсопочным понижениям и микрорельефным западинам надпойменных террас в связи с дополнительным поверхностным увлажнением под хорошо выраженным лугово-степным травостоем (пырей, донник, люцерна и др.), где создаются условия для аккумуляции гумуса и процессов промывания, формируются лугово-каштановые почвы.

Почвенный профиль у них, как и у каштановых почв, дифференцируется на те же горизонты: A_0 у целинных почв — дернина; A_1 — гумусово-аккумулятивный; B_1 — переходный, общая мощность $A+B_1$ достигает 50 см; B_2 — переходный с гумусовыми затеками; $B_к$ — карбонатный; BC — материнская порода, измененная почвообразованием.

В Донской провинции гумусный горизонт ($A+B_1$) составляет 40—45 см, характеризуется более выраженной гумусированностью (то же относится и к каштановым почвам Заволжской провинции).

Каштановые почвы засушливой Казахстанской провинции характеризуются повышенной солонцеватостью, засолением, а также выраженной комплексностью распространения.

Бурые пустынно-степные почвы распространены на северном побережье Каспийского и Аральского морей, а также в южной части Казахского мелкосопочника.

Климат пустынных степей засушливый — осадков 125—250 мм, из них летних 33 %. Испаряется влаги в 3—4 раза больше, чем выпадает с осадками (700—900 мм), $K_y<0{,}25$. Снежный покров не превышает 10—30 см. Лето длинное и сухое с температурой 20,5—26,5 °С, в холодный период—10—15 °С. Среднегодовая температура 6—7 °С. Безморозный период 160—190 дней. Сумма температур больше 10 °С составляет 3000—3700 °С. Почвообразующие породы—лессовидные суглинки. Грунтовые воды лежат глубоко, не влияя на ход почвообразования. Растительность бедная, не образует сомкнутого травостоя: по составу полынная, типчаково-полынная, полынно-биюргуновая, эмеры и эфемероиды. На поверхности почвы нередко развиваются лишайники и синезеленые водоросли; в понижениях — злаковая и разнотравно-злаковая растительность. Общая биомасса (по Н. И. Базилевич) около 100 ц/га, опад меньше 4—5 ц/га (главным образом остатки корней).

Для этих почв характерна малая гумусированность и малая мощность гумусового горизонта, что обусловлено быстрой минерализацией органических веществ.

Классификация бурых пустынно-степных почв приведена в таблице 27.

27. **Классификация бурых пустынно-степных почв**

Подтип	Род
Бурые пустынно-степные прикаспийские	Обычные (несолонцеватые) Солонцеватые Остаточно-солонцеватые осолоделые
Бурые пустынно-степные казахстанские	Солончаковатые Карбонатные Рыхлопесчаные Солонцевато-солончаковатые На остаточных гипсах Неполноразвитые (на плотных породах)
Бурые пустынно-степные безгипсовые центральноазиатские	Безгипсовые

Бурые пустынно-степные почвы имеют мощность гумусового горизонта ($A+B_1$) около 30—35 см; карбонатно-иллювиальный горизонт (B_K) — неоднородно окрашенный, желтовато-бурый с бе-

лесыми пятнами карбонатов, плотного сложения, глыбистый или ореховатый; на глубине 80—100 см залегает гипсоносный горизонт; под ним горизонт, обогащенный солями (C_c). У бурых пустынно-степных почв в нижней части иллювиального горизонта ясно выражены признаки солонцеватости.

В гумусовых горизонтах супесчаных почв содержится около 1 % гумуса, в легкосуглинистых — 1—1,5 %, в суглинистых — 1,5—2,5 %. Азота содержится в верхних горизонтах 0,11—0,18 %, фосфора — 0,06—0,2, калия — 1,5—2 %.

На глубине 1 м и ниже увеличивается количество водорастворимых солей, достигая 1,5—2 %. Скопление карбонатов фиксируется на глубине 30—80 см. Емкость поглощения невысокая: в легкосуглинистых 10—15, в суглинистых 15—25 мэкв/100 г почвы. Плотность почв в верхних горизонтах 1,45—1,55 г/см^3, пористость небольшая — 40—45 %.

Морфологический профиль бурых почв Прикаспийской низменности имеет следующий вид:

горизонт A (0—8, иногда 10 см) — серовато-желтоватый (бурый) или палево-серый (бурый), неотчетливо комковатый: в верхней части нередко слоевато-пластинчатый с уплотненной корочкой с поверхности, легкосуглинистый, рыхловатый, растирается в порошок, слабо пронизан корнями. Переход в нижележащий горизонт малозаметный. В солонцеватых разновидностях заметно осветление внизу горизонта;

горизонт B_1 (8—40, иногда 50 см) — сухой, светло-коричневый (темновато-бурый), иногда с красноватым оттенком, бесструктурный или комковато-глыбистый, часто вертикально трещиноватый, суглинистый плотный, пористый, слабо пронизан корнями, вскипает от HCl. Переход в нижележащий горизонт заметен. В солонцеватых разновидностях трещиноватость и глыбистость выражены резче;

горизонт BC (40—55, иногда 70 см) — желтоватый с коричневатым или красноватым оттенком, иногда светло-палевый, белесый от выцветов карбонатов, бесструктурный, сильно уплотненный, суглинистый. Бурно вскипает от HCl. Иногда встречаются сульфаты, переход вниз постепенный;

горизонт C (55—110, иногда 150 см) — желтоватый с коричневатым оттенком, с белоглазкой, чаще легкосуглинистый, бесструктурный, плотный. Вскипает от HCl. Встречается гипс в виде редких прожилок. Содержание гумуса колеблется от 1,5 до 2 %.

Бурые казахстанские почвы отличаются от бурых прикаспийских более светлой окраской и пониженным содержанием гумуса (1—1,5 %).

Центрально-азиатские бурые пустынно-степные почвы имеют несколько меньший горизонт A, переходный горизонт мощностью до 20 см, в карбонатном горизонте B_K отсутствуют выделения гипса.

Бурые лугово-степные почвы отличаются от собственно бурых несколько большим содержанием гумуса. У них горизонт A темной

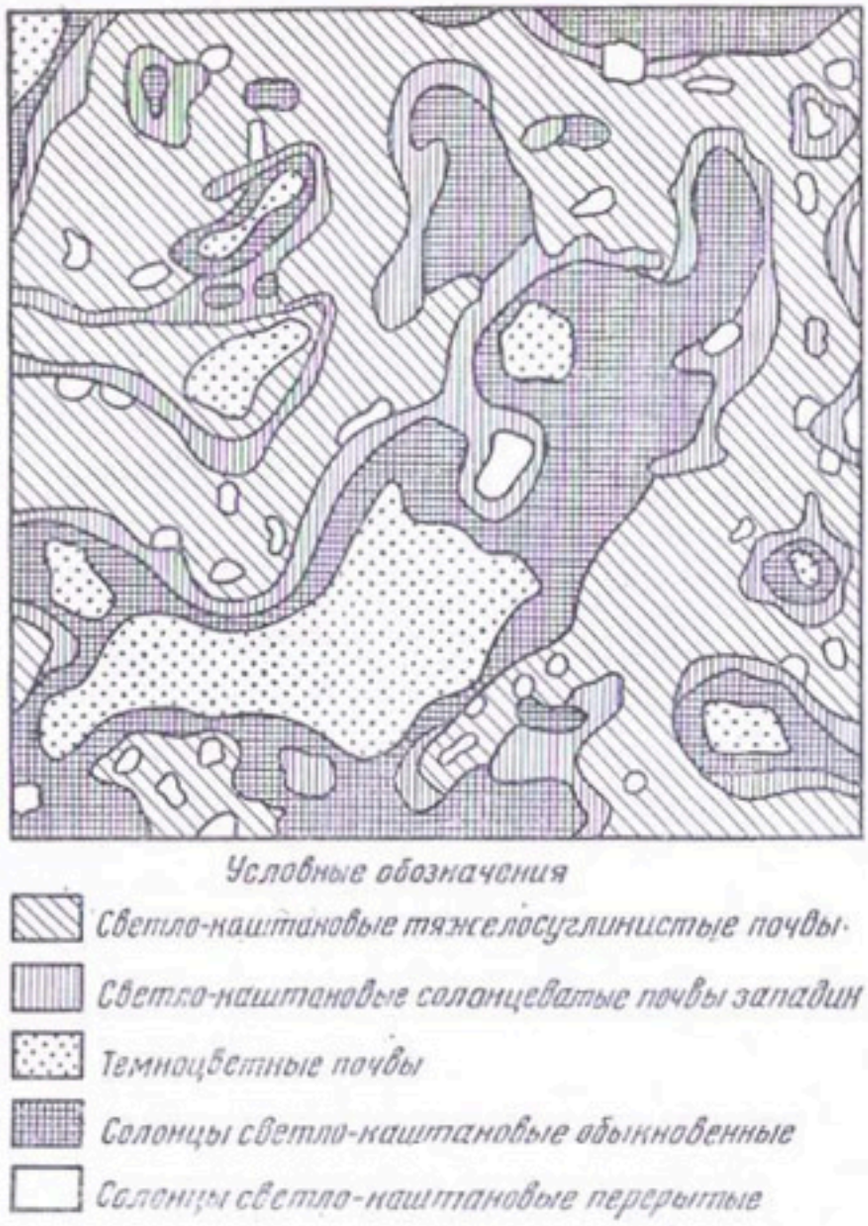


Рис. 34. Комплексность распространения почв на 1 га (Волгоградская область).

окраски и содержит гумуса до 4 %. У бурых лугово-степных почв наблюдаются некоторая задерненность, солончаковатость, солонцеватость и признаки осолодения. У этих почв горизонт B часто уплотнен, трещиноватый и столбчатый. Внизу иногда наблюдается оглеение.

Для каштановых и бурых почв типична комплексность их распространения, которая в общем виде состоит в том, что на фоне тех или других почв рассеяны в виде вкраплений неправильной формы отдельные участки площадью от нескольких метров до гектара и более солончаковатых, солонцеватых почв и даже солонцов (рис. 34).

Комплексность распространения почв неустойчива не только по форме и размерам отдельных контуров, но и по составу компонентов и выражена весьма различно в отдельных регионах. Местами преобладают незасоленные почвы, составляющие общий фон, и в минимуме засоленные — солончаковатые и солонцеватые почвы в виде разбросанных участков. Иногда общая площадь таких уча-

стков достигает 50—70 % всей площади. Эта комплексность сильнее выражена на глинистых отложениях и слабее на супесчаных и песчаных. Процентное соотношение компонентов комплекса неустойчиво, а площадь отдельных контуров местами настолько мала и конфигурация их настолько сложна, что не поддается картированию даже при крупномасштабной почвенной съемке. Лучшие результаты дает крупномасштабная аэрофотосъемка.

На Ергенях на фоне светло-каштановых почв незначительными пятнами распространены солонцы и лугово-каштановые почвы. В Заволжье комплексность выражена так называемым лиманным микрорельефом в виде неправильной формы понижений с темноцветными почвами на фоне общей выровненной поверхности.

В северной части зоны солонцы распространены по выраженным микропонижениям. В южной части по этим понижениям часто формируются солончаковатые почвы и солончаки, которые нередко окаймляют соленые озера (Манычи).

В зоне сухих степей широко распространены так называемые поды, или западины, — обширные замкнутые понижения с плоским дном. Поды имеют глубину до 3—7 м и округлую форму или вытянутую до 7—8 км при ширине 2—3 км. Они приурочены к области распространения лессовых пород. Вследствие уменьшения количества осадков по направлению к югу глубина подов соответственно уменьшается.

В области полупустыни в Прикаспийской низменности аналогами подов являются так называемые лиманы — плоскодонные бессточные западины глубиной 2—3 м и площадью от нескольких десятков до сотен гектаров, а также падины глубиной 1—2 м и площадью до десятков гектаров. Лиманы и падины занимают там в среднем около 15 % территории. На остальной площади распространены микрорельефные понижения диаметром до 20 м при глубине до 0,5 м с темноцветными почвами лугового типа. В падинах средних размеров распространены темноцветные черноземовидные почвы, а в крупных западинах и лиманах формируются осолоделые почвы и солоди под пырейными лугами.

Грунтовые воды залегают под подами на глубине 3—8 м. В результате таяния снега и скопления дождевой воды почвы подов ежегодно переувлажнены. Изредка (один раз в 5—10 лет) поды на 1—2 месяца заливаются водой слоем до 2 м, которая вследствие бессточности инфильтруется и испаряется. Из-за поверхностного переувлажнения появляется оглеение почв, а вследствие инфильтрации и развития суффозии на некоторой глубине от поверхности количество илистой фракции увеличивается почти вдвое по сравнению с почвами на окружающем поды пространстве. Высыхающие с поверхности поды приобретают большую плотность.

В западинах из-за периодического переувлажнения возникают в разной степени оглеенные, глеевые, солонцеватые, осолоделые почвы и солоди. С развитием осолодения усиливается процесс суффозии и оседание поверхности, а в связи с этим увеличивается глубина, площадь и степень увлажнения почв. Последнее способст-

вует развитию травостоя, а следовательно, накоплению органических остатков и гумуса в почве. В таких понижениях с поверхностным увлажнением вследствие дополнительного бокового притока воды развивается луговой процесс почвообразования и формируются в разных зонах лугово-черноземные, лугово-каштановые или лугово-бурые почвы.

При высоком стоянии грунтовых вод в лессах и лессовидных породах поверхность понижений может оказаться в условиях постоянного капиллярного увлажнения. Почвы формируются по типу луговых. Они отличаются более мощным, темнее окрашенным и оструктуренным гумусовым горизонтом, пониженной глубиной вскипания и более глубоким залеганием массового скопления карбонатов, сульфатного (гипсового), а также горизонта легкорастворимых солей. Глубина вскипания у лугово-каштановых почв находится в пределах горизонта B_2, карбонатных — 0—30 см, бескарбонатных — ниже 150 см. В оглеенных лугово-каштановых почвах вследствие временного избыточного увлажнения в горизонте *C* возникают глеевые пятна. В повышенно-гумусовых лугово-каштановых почвах в горизонте *A* содержится 4,5—6 %, в среднегумусовых — 3—4,5 %, малогумусовых — 2—3 % гумуса. Лугово-каштановые почвы часто отличаются солончаковатостью и солонцеватостью.

В Западной Сибири и Казахстане профиль каштановых почв отличается языковатостью. Ниже сплошного однородно окрашенного горизонта *A* формируется переходный горизонт *B* с характерным чередованием темных потеков гумуса с бурыми участками почвообразующей породы. Образование гумусовых потеков в виде языков связано с выносом по вертикальным трещинам гумуса из горизонта *A* в горизонт *B*.

В сухостепной и пустынно-степной зонах распространены также засоленные, заболоченные, болотные, пойменные почвы, описание которых приводится в отдельных главах.

§ 46. Сельскохозяйственное использование и мелиорация каштановых и бурых почв

Зона сухих степей имеет большое значение в сельском хозяйстве страны. В этой зоне размещено 23 млн. га пашни, или 10 % всех пахотных земель. Гораздо большая часть почв зоны 81 млн. га (или 66 %) используется в качестве пастбищ и сенокосов. Распаханы в основном темно-каштановые почвы как наиболее плодородные и лучше обеспеченные влагой. На этих почвах возделывают твердые сорта пшеницы, просо, подсолнечник, бахчевые и другие культуры.

Урожайность сельскохозяйственных культур в этой зоне существенно зависит от влагообеспеченности. Часто повторяющиеся засушливые годы, засухи и суховеи делают сельскохозяйственное производство в зоне нестабильным. Недостаток атмосферных осадков в летнее время частично можно восполнить накоплением и со-

хранением влаги снегозадержанием, полезащитными лесонасаждениями, специальной агротехникой, глубокой зяблевой вспашкой, безотвальным рыхлением, посевами кулисных растений.

Радикальным способом борьбы с засухой и недостатком влаги является орошение, которое широко развивается в этой зоне в последние десятилетия, особенно в Заволжье. При осуществлении мелиораций в этой зоне необходимо иметь в виду особенности орошения, которые были отмечены в предыдущей главе.

Светло-каштановые почвы без орошения практически не могут быть использованы под пашню из-за сильной засушливости климата.

Солонцеватость каштановых почв существенно уменьшает их плодородие. Поэтому необходимы специальные меры по борьбе с солонцеватостью, в основном сводящиеся к гипсованию и к последующей промывке.

Каштановые почвы легкого механического состава подвержены ветровой эрозии и нуждаются в специальной агротехнике и других противоэрозионных мероприятиях.

Бурые почвы из-за низкого природного плодородия и еще большей засушливости климата под пашню практически не используются. Эта зона является базой пастбищного животноводства, в основном овцеводства. Орошение в сочетании с большими дозами удобрений позволяет получать там высокие урожаи ценных теплолюбивых сельскохозяйственных культур. Вместе с тем неупорядоченные поливы могут привести к засолению бурых почв из-за неглубокого залегания солевых горизонтов. Бурые почвы также в сильной степени подвержены ветровой эрозии, поэтому их распашка должна обязательно сочетаться с противоэрозионными мероприятиями.

Производительность пастбищных угодий может быть существенно повышена при использовании местного стока, т. е. путем лиманного орошения. В этой зоне необходимы мероприятия по обводнению территории для обеспечения водой скота на пастбищах.

Глава XIV
ПОЧВЫ ПРЕДГОРНЫХ ПУСТЫННЫХ СТЕПЕЙ И ПУСТЫНЬ. ПЕСКИ И ПЕСЧАНЫЕ ПОЧВЫ

Зона пустынных степей и пустынь занимает огромную (около 10 % площади СССР) территорию к востоку от Каспийского моря. Предгорные пустынные степи — сухие безлесные пространства с сухолюбивой (ксерофитной) травянистой растительностью.

Пустыня — арена высоких температурных амплитуд и сильной инсоляции, арена иссушающей и развевающей деятельности ветра, создающего эоловые формы рельефа и отложения. Водная эрозия в этой зоне сводится к минимуму. Нет глубоких эрозионных долин с выраженным амфитеатром речных террас, но имеется сложная система древних русл (узбои, вади), свидетельствующих об эрозионной деятельности водных потоков в прошлом. Различа-

ют пустыни: глинистые, каменистые, песчаные и солончаковые.

Климат этой зоны своеобразный, весьма континентальный, засушливый. Средняя годовая температура 3,5—13 °С, средняя июльская 25—30 °С, январская — 6,5 °С (с амплитудой от —2 до —11 °С, а в пустыне до —15, —19 °С). Поверхность почвы летом нагревается до 60 °С, высыхая до степени гигроскопической влажности. Безморозный период около 180—200 дней. Сумма температур за вегетационный период достигает 4370 °С (Голодная степь). Годовая сумма атмосферных осадков на равнине около 100—125 мм, на пониженном предгорье — 200—300 (иногда 500) мм. Снежный покров незначительный (5—10 см) и непостоянный, лежит менее 50 дней. Зимой температура почвы ниже 0 °С достигает глубины 10—15 см. Испарение с водной поверхности за год составляет 1700 мм, из этого количества на лето приходится 1200 мм (коэффициент увлажнения 0,1—0,3). Воздух отличается постоянной и исключительной сухостью. В некоторые периоды относительная влажность падает ниже 10 %. Температура воздуха и почвы испытывает большие колебания, поэтому там выражена термическая конденсация паров воды, достигающая 80—100 мм. Все это свидетельствует о специфичности климатических условий и гидротермального режима зоны пустынных степей и пустынь.

Растительность пустынных степей представлена изреженным травостоем с преобладанием полыни и прутняка с солянками, верблюжьей травой, с многочисленными луковичными — весенними эфемерами. Она развивается ранней весной в течение 1—2 месяцев, затем выгорает и появляется вновь на короткое время поздней осенью, т. е. в течение года наблюдаются как бы два коротких вегетационных периода или резкая сезонная смена растительности. На песках произрастает джузгун и саксаул высотой до 3—3,5 м, диаметром до 35 см. Растительность пустынных степей развивает мощную корневую систему, превосходящую наземную часть растения в несколько раз. На светлых сероземах сухая наземная масса на гектаре не превышает 1 т, корни — 15 т, а на темных сероземах соответственно 4,5 и 30 т. Значительная часть корней принадлежит многолетней растительности, которая не отмирает ежегодно и не идет на образование гумуса.

Предгорная пустынно-степная зона представляет собой начальную ступень вертикальных почвенных зон горных массивов Тянь-Шаня, Памиро-Алтая, Копет-Дага и приурочена к их подножиям. Поэтому в природных условиях этой зоны (климат, растительность) прослеживается вертикальная поясность. С увеличением абсолютных отметок несколько возрастает количество атмосферных осадков.

Растительность пустынь еще скуднее — солянково-кустарничковая (боялыч, кераук, тетыр, биюргун и др.) с эфемерами (иляк, мятлик) и полынями (серая и южная). Она беднее в каменистой пустыне и богаче в песчаной, где представлена кустарниковой и травянистой растительностью с мощной корневой системой. На песчаных барханах поселяется каллигонум, джузгун (лишенный

листьев), песчаный овес, или кияк. Из кустарников произрастает песчаная акация высотой до 7—8 м. У основания барханов в понижениях растет осока. На дне межгрядных понижений хорошо развивается саксаул, достигая высоты 5—6 м. Под саксаулом образуется поверхностная корка до 10 см и формируются саксауловые засоленные почвы. В глинистых пустынях рано весной произрастают узколистная осока, луковичный мятлик и др. Там преобладает так называемая эфемеровая и солончаковая формация растительности.

Солончаковые формации приурочены к засоленным почвам солончаковой пустыни. Солончаковая растительность, в свою очередь, влияет на солевой режим почв. Состав золы растительности засоленных почв пустынных степей отличается высоким содержанием сульфатов и даже хлоридов.

В зоне предгорных пустынных степей и пустынь почвы формируются на очень разных почвообразующих породах. В Туранской низменности с Сарыкамышской котловиной широко распространены древнеаллювиальные отложения. В Центральных Каракумах древнеаллювиальные песчано-глинистые отложения перекрыты развевающимися песками. В предгорьях Тянь-Шаня и Памиро-Алая почвообразующими породами являются пылевато-суглинистые лессы и лессовидные суглинки, подстилаемые галечниками. В сырдарьинской Голодной степи на полого-волнистой равнине почвообразующими породами служат глины, пески, а местами песчаники. В предгорьях Копет-Дага почвы формируются на третичных и меловых известняках и продуктах выветривания их. Широко распространенной почвообразующей породой являются лесс и лессовидные суглинки.

§ 47. Сероземная предгорная пустынно-степная зона

В южной части пустынь Средней Азии и главным образом в полосе предгорных пустынных степей с жарким и сухим климатом (сухие субтропики) преобладает сероземный тип почвообразования, протекающий в условиях непромывного типа водного режима. Сероземы вместе с луговыми, лугово-сероземными почвами занимают площадь около 33 млн. га, или 1,5 % территории СССР.

Характерными чертами сероземного типа почвообразования (по А. Н. Розанову) являются: сезонность биологических процессов (весна, осень), периодичность восходящего и нисходящего водно-солевого режима, развитие внутрипочвенного выветривания, проявление иллювиального процесса в отношении растворимых солей и крайне слабое перемещение по профилю илистой фракции, резкая сменяемость процессов накопления и разрушения гумуса, вымывание и миграция растворов и т. д. Процесс образования структуры ослаблен. Микроагрегаты легко разрушаются при увлажнении, в то же время в почве происходит ярко выраженное формирование

прочных макроагрегатов. Особенности сероземного типа почвообразования заключаются в относительно малой гумусности, высокой и устойчивой карбонатности почв, полной насыщенности поглощающего комплекса главным образом щелочноземельными основаниями, слабощелочной реакции раствора, высокой капиллярной пористости, достаточно высокой водопроницаемости почв и, наконец, в контрастности водного и теплового режимов почвы.

Сероземные почвы формируются в условиях крайне сухого климата и продолжительного теплого времени года. Но наиболее активное почвообразование длится всего лишь 2—3 месяца. Отмечается выраженная биологическая аккумуляция солей в почве. Отсутствие устойчивой промываемости и обогащение солями кальция ослабляют развитие солонцов. Хлориды и сульфаты на глубине 0,5—1 м достигают заметных концентраций, а еще ниже формируется сульфатный горизонт (скопление гипса).

Органическое вещество, создаваемое растительностью, ежегодно почти полностью разрушается микроорганизмами, благодаря чему пополняется минеральная часть почвы.

Зональным типом почв являются сероземы, а сопутствующими— лугово-сероземные, луговые, болотные, солончаки и аллювиальные почвы.

Сероземы дифференцируются по засолению, а также по степени окультуривания (слабо-, средне- и сильноокультуренные). Они характеризуются однородностью профиля: горизонт *A* светло-серый, слабо прокрашен гумусом; горизонт *B* бесструктурный, слабоуплотненный; горизонт *C* палево-желтый, лессовидный. По мощности гумусового горизонта различают маломощные — меньше 40 см, среднемощные — 40—80 см и мощные — больше 80 см.

С нарастанием абсолютных высот увеличивается глубина промачивания, растительность становится обильнее, удлиняется вегетационный период, усиливается опресненность профиля, увеличивается биомасса, гумификация и гумусированность от светлых сероземов равнин к темным сероземам предгорий.

В области предгорий и низких гор (на отметках 500—800 м), где атмосферных осадков выпадет несколько больше, чем на равнине, формируются типичные и темные предгорные сероземы с более мощным почвенным профилем, они сильнее окрашены гумусом. Мощность горизонта $A+B$ достигает 100—130 см, а содержание гумуса доходит до 2—3 %. Предгорные сероземы значительно различаются в зависимости от географического положения.

Темные сероземы формируются на лессовидных отложениях более тяжелого механического состава. Имеют хорошую прокраску гумусом. Морфологическое строение их следующее:

горизонт *A* — темно-серый, комковатый, на целинных участках дернина, ходы червей и капролиты;

горизонт B_1 — серый с буровато-палевым оттенком, гумусовая окраска вниз ослабевает, глыбисто-комковатый, пористый;

горизонт B_K — палевой окраски с гумусированными пятнами.

Карбонаты в форме белоглазки и конкреций. Горизонт опреснен до 2 м, нет выцветов гипса и легкорастворимых солей.

Типичные сероземы распространены на холмистых и равнинных предгорьях на тех же отметках или несколько ниже; содержат 1,5—2,5 % гумуса. Имеют следующие морфологические особенности:

горизонт A (16—18 см) — серой окраски, с палевым оттенком, сверху чешуйчато-пластинчатый, ниже слабокомковатый, несколько темнее на общем фоне, слабо задернован;

горизонт B_1 (30—40 см) — светло-серый, палевый оттенок яснее, комковатый, пористый, со следами деятельности землероев. Иногда белесый от карбонатов со слабо желтовато-бурым оттенком, дырчатый от ходов личинок насекомых. Карбонаты — в виде конкреций и в форме пятен плесени. Мощность гумусового горизонта — 55—80 см;

горизонт B_2 (40—50 см) — серовато-палевый, рыхловатый, с известковыми конкрециями и пятнами.

Иногда выделяется горизонт B_K — иллювиально карбонатный, серо-палевый, карбонаты в виде расплывчатых пятен и конкреций;

горизонт C — светло-палевый, лессовидный, пористый, с редкими и мелкими известковыми конкрециями и кристаллами гипса с глубины 130—200 см.

Выше типичных и темно-серых сероземов до 1500—1800 м абсолютной высоты поднимаются выщелоченные сероземы с количеством гумуса до 4,5 %. На больших высотах они сменяются бурыми лесными почвами.

В южной части зоны наиболее распространены светлые сероземы, формирующиеся на равнинных площадях и речных террасах с отметками 300—600 м. Они наименее окрашены гумусом.

Морфологические черты их следующие:

горизонт A — (6—12 см) — светлая слабо выраженная дернина, содержание гумуса в A_1 — 1—1,5 %;

горизонт B — светло-серый с буроватым или палевым оттенком, слабо уплотненный, со следами деятельности землероев, общая мощность $A+B$ — 40—70 см;

горизонт B_K — слегка уплотненный, светлый от карбонатов (сплошной или пятна и конкреции).

На глубине 150—180 см наблюдаются выделения гипса и выцветы легкорастворимых солей.

Содержание азота в сероземах обычно не превышает 0,2 %, запас фосфора достигает 0,2—0,3 %. Большое содержание водорастворимых солей обусловливает щелочную реакцию (pH 7—8,5). Емкость поглощения 10—14 мэкв/100 г почвы. Сумма поглощенных Ca и Mg достигает 92—98 %, Na и K — 2—8 % емкости поглощения. Сероземы характеризуются повышенным содержанием микроэлементов по сравнению с другими почвами.

Из-за недостатка гумуса оструктуренность сероземов невысокая. Макроагрегатов в них меньше 15 %. Состав алюмосиликатной части однороден у всех сероземов.

Сероземы имеют следующие водные и физические свойства: плотность — 1,2—1,3, плотность твердой фазы — 2,7—2,75 г/см³. Они отличаются сравнительно высокой пористостью (50—55 %), которая с глубиной несколько убывает. Максимальная гигроскопичность составляет 5 % у светлых и до 7 % у темных сероземов. Влажность завядания около 7,5 % для светло-серых, 9,7 % для типичных и 11,4 % для темных сероземов. Скорость впитывания и коэффициент фильтрации для лессовидных почвообразующих пород сероземов значительны. Довольно хорошая водопроницаемость обеспечивается высокой пористостью сероземов. Водные и физические свойства сероземов с глубиной мало изменяются (табл. 28).

28. **Физические и водные свойства типичного серозема** (по А. Ф. Большакову)

Глубина (в см)	Плотность твердой фазы	Плотность	Пористость	Максимальная гигроскопичность	Влажность завядания	Предельная полевая влагоемкость
	в г/см³		в % объема			
0—50	2,66	1,34	49,5	6,6	9,2	24,6
50—100	2,68	1,38	48,4	6,9	9,1	24,0
100—150	2,68	1,35	49,7	6,8	8,2	23,8
150—200	2,69	1,37	49,0	8,1	11,0	25,5
200—250	2,70	1,37	49,0	7,1	11,0	22,4

Неорошаемые сероземы характеризуются летним иссушением и относительно неглубоким весенним промачиванием: до 1 м светлых и 1,5 м типичных сероземов. Запас влаги невелик и нарастает с конца октября. Наибольшее количество влаги в сероземах наблюдается в марте—апреле при выпадении атмосферных осадков. В сухой период (с мая по октябрь) почва теряет всю накопленную влагу.

Химический состав сероземов приведен в таблице 29.

29. **Показатели химических свойств суглинистого серозема Голодной степи** (по Н. П. Ремезову)

Генетические горизонты	Глубина отбора образца (в см)	Содержание (в %)		Валовой состав (в %)			Обменные катионы (в мэкв/100 г почвы)			pH (водной вытяжки)	Плотный остаток (в %)
		гумуса	CO_2 карбонатов	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Ca+Mg	Na	сумма		
A_1	0—8	1,2	5	67,8	13,0	6,8	12	1	13	8,0	0,07
B_1	12—22	0,8	6	68,0	13,1	5,8	11	1	12	8,2	0,07
B_2	30—40	0,4	8	68,0	13,0	6,1	11	1	12	8,2	0,07
B_3	50—60	0,3	8	67,7	13,2	6,0	10	1	11	8,5	0,08
BC	70—80	0,2	9	67,9	12,1	6,2	11	1	12	8,5	0,10
C	100—110	—	10	67,8	13,1	5,9	10	1	11	8,5	0,10
C	140—150	—	12	68,2	12,7	6,3	12	2	14	8,5	0,12

Количество полуторных окислов несколько возрастает с глубиной, что отмечается у темно-серых сероземов. В верхней и средней части профиля почвы ила содержится в 1,5 раза больше, чем в почвообразующей породе, что свидетельствует о происходящем процессе оглинения сероземов. При относительной бедности азотом валовое содержание калия достигает 1,5—3 %, и лишь незначительная часть его находится в доступной форме. Некоторые сероземы содержат повышенное количество водорастворимых солей. В верхней части разреза преобладают карбонаты щелочноземельных элементов, в средней — бикарбонаты, внизу — сульфаты и хлориды щелочей и щелочных земель. В уплотненном карбонатном горизонте сероземов содержится до 6—7 % CO_2. Сульфаты размещаются непосредственно ниже границы промачивания.

На хрящеватых (галечниках) и плотных породах образуются неполноразвитые сероземы, характеризующиеся малой мощностью почвенного профиля. В результате длительного (тысячелетнего) осаждения взвешенных наносов, поступающих на поля вместе с оросительной водой, формируются староорошаемые оазисно-культурные сероземы (ирригационные сероземы), которые приобретают черты луговости и характеризуются некоторым оглинением верхней части почвы, увеличением емкости поглощения, повышением содержания Ca и Mg и уменьшением K и Na. Староорошаемые сероземы отличаются мощным профилем с относительно повышенным содержанием органического вещества до глубины 1,3 м и более.

Мощность наносов местами превышает 2—3 м. При содержании взмученных веществ в поливной воде 1 г/л на поле ежегодно поступает около 5 т наносов на гектар, что составляет слой наилка 0,2—0,3 мм. Количество наносов сильно убывает по мере удаления от каналов, вследствие этого возникают мезорельефные неровности орошаемых земель. Для устранения излишней наносности применяют отстойники, улавливающие наиболее крупные фракции. С илистыми наносами ежегодно поступает до 30—40 кг азота на гектар. В этих наносах общего фосфора содержится не меньше, чем в сероземных почвах, но они в несколько раз беднее подвижными формами фосфора, в то же время вполне обеспечены калием. Староорошаемые сероземы отличаются высоким эффективным плодородием.

Почвообразование в условиях орошения существенно отличается от природного. Непромывной водный режим переходит в ирригационный с промачиванием почвы до грунтовых вод. Увеличивается биологическая активность и усиливается элювиальный процесс. При возрастании промачивания почвы происходит выщелачивание водорастворимых солей и частичное вымывание карбонатов, активизируется микрофлора — нитрифицирующие бактерии, азотобактерии и др.

При орошении увеличивается гумификация, но даже богатая корневая масса разлагается практически полностью и почва недостаточно прокрашивается гумусом.

§ 48. Сельскохозяйственное использование и мелиорация сероземов

Сероземная зона — основная зона хлопководства. Незасоленные и несолонцеватые сероземы являются хорошим объектом орошения, где оно применяется издавна. Сероземы характеризуются благоприятными водными и физическими свойствами: достаточно высокой пористостью, равномерной карбонатностью, относительно однородным по механическому составу вертикальным профилем, хорошей промачиваемостью. Это обеспечивает благоприятный водно-воздушный и солевой режимы почв при орошении.

Без орошения в зоне сероземов возможно лишь возделывание скороспелых культур. Неорошаемое (богарное) земледелие ведется на темных сероземах в предгорьях. Такое земледелие возможно при максимальном использовании осенне-зимне-весенних осадков и наиболее ранних сроках посева.

Огромные территории сероземной зоны используются всего лишь на 35—40%, а из этого количества более 85% занято пастбищами. Длительный безморозный период в среднем до 200 дней и сумма температур за вегетационный период более 4000 °С благоприятствуют выращиванию многих ценных культур (рис, сахарная свекла, технические и плодовые культуры, виноград и др.).

Правильное орошение благоприятно влияет на ход почвообразования. Почвы в сочетании с внесением органических и минеральных удобрений позволяют получать высокие урожаи различных культур, особенно хлопчатника. Кроме этой важнейшей культуры, на сероземах выращивают тутовые деревья для разведения шелковичных червей, культивируют рис, прядильные растения, люцерну; увеличиваются на них площади садов, виноградников. Главнейшими мероприятиями по улучшению земель зоны являются реконструкция старых и строительство новых инженерных оросительных систем и окультуривание почв.

Сероземы улучшаются при внесении навоза, компостов, зеленых удобрений и при выращивании люцерны. На полях из-под люцерны получают высокие урожаи хлопчатника и других культур. Важным мероприятием в зоне являются борьба с вторичным засолением и заболачиванием, предупреждение этих процессов.

В борьбе с вторичным засолением необходимо соблюдать поливные и оросительные нормы, применять рациональную технику поливов с учетом свойств почв и почвообразующих пород и гидрогеологических условий, осуществлять меры борьбы с потерей воды на фильтрацию, проводить планировку поверхности, профилактические позднеосенние и зимние промывные поливы, а также влагоразрядку.

§ 49. Почвы пустынь

Зона пустынь занимает около 140 млн. га, или 6,3 % территории СССР; из них около 75 млн. га — пустынные песчаные почвы. Типичные серо-бурые пустынные почвы, развиваясь в комплексе с

такырами, занимают площадь около 65 млн. га. В пустыне незначительно распространены лугово-болотные засоленные почвы пойм, дельт и высыхающих озерных впадин. Климатические условия жаркой пустыни крайне неблагоприятны для почвообразования. Сумма температур выше 10 °С достигает 4000—5000 °С и более. Почвы формируются там под ксерофитно-эфемерной растительностью.

Наиболее развитыми зональными почвами пустынь являются серо-бурые с маломощным и малогумусовым горизонтом. Они формируются под разреженной солянково-полынной растительностью в условиях контрастного гидротермального режима, т. е. малого и неглубокого увлажнения весной, быстрого последующего высыхания поверхности почвы и образования корки при сильном перегреве. Годовое количество атмосферных осадков в зоне пустыни не превышает 100—150 мм, серо-бурые почвы пустыни формируются в условиях прерывистого почвообразования и кратковременного гумусообразования. Растительные остатки почти полностью минерализуются и незначительно пополняют запасы гумуса. Общее количество органики 100 ц/га, из них около 80 % корневых остатков.

Серо-бурые почвы пустыни отличаются неблагоприятными физическими и химическими свойствами, а также низким природным плодородием. Типичный профиль этих почв имеет следующий вид (по Е. В. Лобовой): 0—5 (10) см — корка; 5—25 (редко 60) см — красно-бурый уплотненный слой, комковатый, оглиненный, внизу кристаллы и жилки гипса.

Характерными особенностями почвообразования в пустынях являются: образование пористой корки и формирование оглиненного и малоожелезненного слоистого горизонта под ней; слабое накопление гумуса; малая мощность почвенного профиля вследствие недостаточного и неглубокого промачивания; засоленность и солонцеватость почв как следствие бессточности территории и высокой минерализации растительных остатков; накопление вторичных биогенных карбонатов в верхних горизонтах почвы и гипса на глубине около 50 см; слабая выветренность почвообразующих пород (обогащенность первичными минералами). Вследствие перегрева почвы и недостатка гумуса структуры почвы не создается. Верхние горизонты обогащены карбонатами.

В серо-бурых почвах емкость поглощения около 8—10 (иногда 18—25) мэкв/100 г почвы, с преобладанием Ca и Mg. Эти почвы содержат 0,3—0,5 % гумуса. Легкорастворимые соли находятся неглубоко от поверхности почвы, что часто приводит их к засолению и осолонцеванию.

Такыры и такырные почвы приурочены к дельтам и террасовым вогнутым равнинам, с участками, покрытыми водорослями и лишайниками. Плоские глинистые понижения пустыни, в которых периодически скапливаются поверхностные талые или ливневые воды, называются такырами (от узбекского такыр — голый, бедный). Весной они непроходимы вследствие набухания и переув-

Рис. 35. Поверхность такыра.

лажнения ила. Летом при высыхании илисто-глинистые отложения превращаются в сильно трещиноватую (черепковидную) с поверхности плотную массу (рис. 35). Фракция частиц диаметром меньше 0,01 мм достигает 95 %, а илистая — 30—40 % и более.

Тяжелый механический состав такыров в основном является следствием процесса заиления и осолонцевания. Отакыриванию нередко подвергаются заброшенные пахотные земли с вогнутыми участками при затоплении их тонким слоем воды, содержащей в растворе щелочные соли. Формированию такыров предшествует и сопутствует кольматация (заиление) поверхности илом, приносимым со стороны и осаждающимся на дне временных мелководных водоемов.

Такырные почвы — результат такырного типа почвообразования, включающего элементы солончакового и солонцового типов. Эти почвы по своей морфологии приближаются к типу корковых или карликовых солонцов пустынной зоны. В такырной коре аккумулируется аморфная кремнекислота и происходит вынос из нее полуторных окисей.

Растительность такыров представлена водорослями и лишайниками. Водоросли накапливают до 6 ц растительных остатков на 1 га, а лишайники — до 10 ц. При разложении образуются органические кислоты, разрушающие минеральную часть почвы. В отложениях находятся следы болотной растительности.

Ежегодное наслаивание наносов и образование корок обусловливают формирование чешуйчатого горизонта, достигающего мощности десятков сантиметров.

Профиль такырных почв имеет следующее строение:

горизонт 0—3 см — плотная корочка, пористая на изломе;

горизонт 3—12 см — ярко-бурая (шоколадная) глина, резко чешуйчатая (раковистая);

горизонт 12—40 см — плотная комковато-глыбистая глина;

ниже залегают суглинки или песок.

На глубине 10—12 см от поверхности встречается сульфатный (гипсовый) горизонт, благодаря которому иногда происходит самомелиорация солонцеватых такыров. Характерный признак солевого профиля такыров — значительная опресненность самого верхнего горизонта, что отличает их от типичных солончаков. В такырных почвах содержится около 0,5 % гумуса и 0,03—0,06 % азота.

Такырные почвы отличаются низкой фильтрационной способностью. Глубина промачивания их не превышает 20—30 см, летом они сильно иссушаются. Низкая влажность сохраняется до октября — ноября. Устойчивый запас воды в такырах не создается. Такыры имеют низкую общую емкость поглощения — 7—10 мэкв/100 г почвы. Около 20—25 % емкости поглощения занято натрием, который обусловливает высокую степень дисперсности и подвижности коллоидов при увлажнении. Реакция среды щелочная (pH 8—10).

§ 50. Сельскохозяйственное использование и мелиорация пустынных почв

Пустынные почвы характеризуются низким природным плодородием. Использовать их в сельском хозяйстве можно только при орошении после проведения дорогостоящих работ по их мелиорации и окультуриванию. Без этих мероприятий пустынные почвы используются как малопродуктивные пастбища.

Легче осваиваются несолонцеватые и незасоленные серобурые почвы. Помимо обязательного орошения, они нуждаются в планировке поверхности, в больших дозах минеральных и органических удобрений, мероприятиях по предупреждению вторичного засоления (сокращение фильтрационных потерь поливных вод, дренаж).

Особенно сложна мелиорация такыров. Они нуждаются в улучшении почвенного профиля — глубокой (до 40—50 см) плантажной вспашке, обеспечивающей разрушение корки, пескование глинистых слоев, облегчающем рассолонцевание путем перемещения гипса из гипсоносных горизонтов в верхние солонцеватые слои. Обязательны капитальная промывка этих почв, планировка поверхности, внесение больших доз навоза и минеральных удобрений. Для улучшения биологической активности такырных почв в первый период освоения (3—5 лет) выращивают солеустойчивые культуры (джугару, просо, люцерну), затем вводят хлопково-люцерновые севообороты. При правильной агротехнике и больших дозах удобрений на пустынных почвах получают высокие урожаи хлопка, люцерны, риса, кукурузы, винограда, овощных и бахчевых культур.

§ 51. Пески и песчаные почвы

Пески — это участки поверхности земли, сложенные сыпучими, не закрепленными растительностью песчаными отложениями.

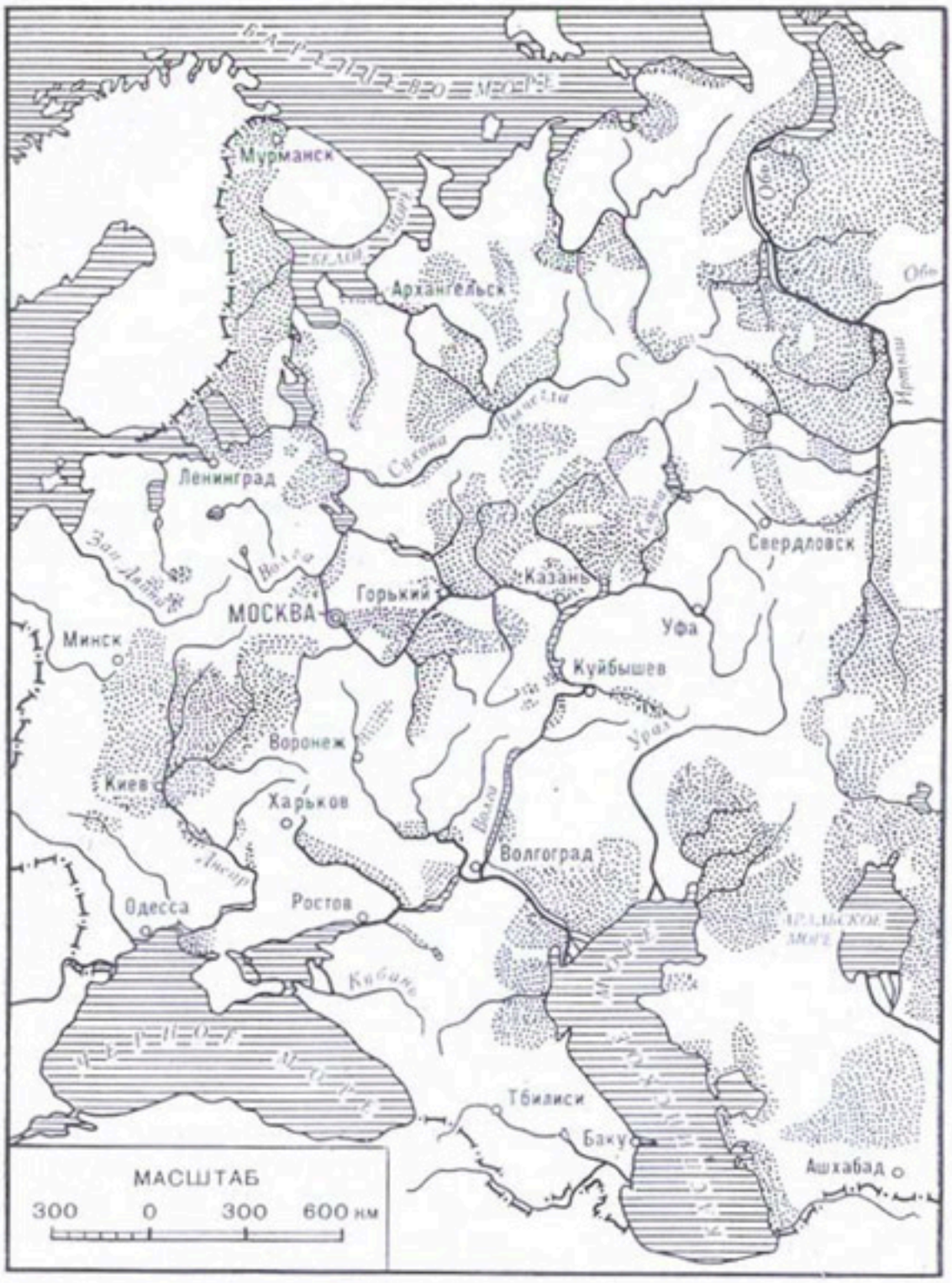


Рис. 36. Схематическая карта распространения песков и супесей в европейской части СССР.

Песчаные почвы образуются на песчаных горных породах, характеризуются наличием устойчивого растительного покрова.

Пески и песчаные почвы занимают в нашей стране около 200 млн. га и распространены практически во всех природных зонах. Треть этой площади расположена в европейской части страны, а основные площади находятся в полупустынях и пустынях азиатской части. В европейской части — это Астраханские пески (около 2 млн. га), Придонские (1 млн. га), Терско-Кумские (0,8 млн. га), Нижнеднепровские (0,2 млн. га); в азиатской —

Рис. 37. Развеваемые барханные пески.

прежде всего обширные песчаные пустыни Каракумы и Кызылкумы, а также Прибалхашские пески и др. (рис. 36).

Пески образовались в результате выветривания горных пород и переотложения продуктов выветривания под действием воды и ветра. По происхождению они разделяются на элювиальные, делювиальные, морские, озерные, аллювиальные, флювиогляциальные и эоловые.

Пески почти полностью состоят из минеральных частиц размером более 0,01 мм, в них преобладают фракции крупнее 0,05 мм, наиболее отсортированы эоловые и аллювиальные, менее отсортированы флювиогляциальные и морские пески. Преобладающими минералами являются кварц, полевые шпаты, слюды, роговая обманка, гипс, известковые минералы. В них много окиси кремния, железа, алюминия, кальция. В песках практически отсутствует ил и гумус. Они характеризуются слабой поглотительной способностью, близкой к нейтральной реакцией, низкой влагоемкостью, большой водопроницаемостью и низкой водоподъемной способностью. Атмосферные осадки быстро проникают на большую глубину и могут образовывать на слабопроницаемых слоях пресную верховодку.

Особое свойство песков — их подвижность под действием воды и главным образом ветра (рис. 37). Пески, перемещаясь, могут засыпать прилегающие территории с плодородными почвами, дороги, населенные пункты и т. д. Поэтому очень важны мероприятия по их закреплению: с помощью травянистой (песчаный овес, кумарчик, селин, сибирский житняк и др.), кустарниковой (кустарниковая ива, тамарикс, черкез, песчаная акация), древесной (сосна, береза, тополь, дуб, абрикос, шелковица белая, вяз мелколистный, саксаул и др.) растительности. Применяют также механические приемы закрепления песков: щиты, изгороди, покрытие поверхности эмульсиями, кольматаж.

Песчаные почвы образуются на песках при появлении растительности. В зависимости от зональных климатических условий состав этой растительности различен, хотя вначале поселяются

так называемые песколюбы, а затем и другие растения. При этом постепенно снижается подвижность песков, верхние горизонты обогащаются илом и гумусом; изменяются физические и химические свойства, происходит уплотнение песков, возрастает влагоемкость, увеличивается емкость поглощения. Песчаные почвы разделяются на слабо- и глубокогумусированные. При близком залегании грунтовых вод могут образовываться глееватые песчаные почвы, а в полупустынных и пустынных районах — засоленные.

Песчаные почвы имеются в различных природно-климатических зонах. В таежно-лесной зоне они представлены дерново-подзолистыми песчаными, занятыми в основном лесами; имеются подзолисто-болотные и дерново-подзолистые песчаные почвы. Черноземы песчаные занимают около 3,4 млн. га, каштановые и бурые песчаные и супесчаные — около 34 млн. га, сероземы песчаные и супесчаные — 8 млн. га, полузаросшие и голые пески —свыше 77 млн. га.

Песчаные почвы характеризуются хорошей водопроницаемостью, которая при наличии гумуса обусловливает удовлетворительную влагоемкость. Они могут иметь благоприятный водный режим при достаточном количестве атмосферных осадков. При орошении этих почв необходимы небольшие поливные нормы и частые поливы. Низкая поглотительная способность позволяет использовать для поливов минерализованные воды.

Сельскохозяйственное использование и мелиорация песчаных почв. Песчаные почвы отличаются благоприятным воздушным режимом. Им свойственна хорошая теплопроводность и сравнительно небольшая теплоемкость, поэтому они более теплые, чем суглинистые и глинистые. Эти почвы быстрее оттаивают и прогреваются, что ускоряет всходы и созревание сельскохозяйственных культур. Их используют для выращивания овощей, картофеля, бахчевых и плодовых культур и др.

Песчаные почвы в зависимости от их природного плодородия нуждаются в различных мелиорациях — глиновании, мергелевании. Улучшение физических и химических свойств достигается внесением 50 т глины на 1 га и более. Эти почвы очень отзывчивы на торфование, внесение органических удобрений, компостов, сидерацию.

Внося органические удобрения (особенно торф), следует иметь в виду, что они, будучи равномерно распределенными по всему почвенному профилю, быстро минерализуются. Поэтому предпочтительнее послойное их внесение с глубокой заделкой.

Вследствие повышенной промываемости песчаных почв минеральные удобрения целесообразнее вносить чаще и меньшими дозами, использовать медленно растворяющиеся формы удобрений: фосфоритную муку, гранулированные удобрения.

Большое значение имеют приемы агротехники, предохраняющие песчаные почвы от водной и ветровой эрозии. В последнее время песчаные почвы становятся объектом орошения сточными водами.

Глава XV
ЗАСОЛЕННЫЕ ПОЧВЫ И СОЛОДИ

§ 52. Засоленные почвы, их происхождение и распространение

К засоленным относят почвы, содержащие в своем профиле или в части профиля легкорастворимые соли в количестве, вредном для определенных растений. Выделяют также засоленные земли, имеющие в почвах, в грунтах или в грунтовых водах легкорастворимые соли, которые создают или могут создать токсические условия в почве, препятствующие выращиванию сельскохозяйственных культур. Такая ситуация может возникнуть при ухудшении естественной дренированности, подтоплении территории, при подъеме грунтовых вод, вызванном орошением и т. п.

При большом содержании солей увеличивается осмотический потенциал почвенного раствора, что приводит к ухудшению снабжения растений водой из-за недостаточной их сосущей силы. Поэтому на орошаемых землях оптимальная концентрация почвенных растворов не превышает 5 г/л. При большей концентрации начинается угнетение роста культурных растений, при концентрации 10—12 г/л наступает сильное угнетение, при концентрации 20—25 г/л многие сельскохозяйственные культуры гибнут. Такой концентрации соответствует осмотическое давление почвенного раствора около 0,6—0,8 мПа. Особенно вредно повышенное засоление при прорастании семян.

Ухудшение снабжения растений водой приводит к уменьшению транспирации, замедлению фотосинтеза и к снижению их минерального питания, так как при высокой концентрации почвенных растворов часть питательных элементов находится в недиссоциированном состоянии и недоступна для растений.

Повышенное содержание в почве натрия, хлора, магния вредно для растений, так как эти элементы, поступая в листья, разрушают крахмал и замедляют фотосинтез. Поэтому даже при слабом засолении урожайность хлопчатника снижается на 20—25 %, а зерновых — на 40—50 %.

Увеличение содержания некоторых солей в почве ухудшает их свойства. Так, избыток натрия приводит к набуханию почвенных коллоидов, ухудшению коагуляции, увеличению подвижности коллоидов. В результате ухудшается структурность почвы, увеличивается плотность, уменьшается водо- и воздухопроницаемость, увеличивается щелочность почвы и подвижность органических соединений, разрушается гумус. Такие почвы трудно обрабатывать и поливать.

По исследованиям Л. П. Розова, В. А. Ковды и других почвоведов, наиболее вредными являются легкорастворимые соли натрия: сода Na_2CO_3, гидрокарбонат натрия $NaHCO_3$, поваренная соль $NaCl$; вредны также хлориды $CaCl_2$ и $MgCl_2$ и сульфат натрия Na_2SO_4. Менее вредны $MgSO_4$ и среднерастворимая соль $CaSO_4$, образующая минерал гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$.

Главной причиной накопления солей в Мировом океане, в водах суши, в континентальных и морских отложениях являются вулканические процессы. Соли (хлориды, сульфаты и другие) в почве накапливаются в результате выветривания горных пород и миграции солей.

Одной из основных причин накопления солей в почве в результате миграции являются неглубоко залегающие минерализованные грунтовые воды, поступающие в почву под действием капиллярных сил. В отдельных местах засоление земель может происходить вследствие поступления с больших глубин минерализованных напорных вод.

Запасы солей в почве могут пополняться при выпадении их с атмосферными осадками, а также при переносе ветром. Последнее наблюдается на землях, расположенных вблизи морей или соляных пустынь. Соли в почве могут накапливаться также при минерализации растительных остатков и при внесении минеральных удобрений. На орошаемых землях значительное количество солей поступает с поливной водой. Так, при оросительной норме 10 000 м³/га и минерализации поливной воды 1 г/л в почву ежегодно поступает 10 т солей на 1 га.

Естественно, что наряду с накоплением солей в почве могут идти процессы, способствующие их удалению, например при промывном водном режиме. Засоление происходит в случае преобладания приходных статей солевого баланса над расходными. В связи с этим содержание солей в почве непостоянно. В результате изменения гидрогеологических условий, водного режима почв и других факторов природного и искусственного происхождения в почве могут наблюдаться процессы засоления, рассоления, вторичного засоления. Для количественного описания этих процессов необходимо изучение не только содержания солей в почве, но и их передвижения.

Засоленные почвы распространены в областях с жарким и сухим климатом на слабо дренированных и безотточных территориях. Наиболее часто засоление наблюдается в приморских низменностях (Прикаспийская низменность, Присивашье), в дельтах рек (Сырдарьи, Амударьи, Мургаба, Теджена, Волги, Урала, Куры, Аракса), на великих аллювиальных равнинах, в предгорных районах, в областях тектонических прогибов (среднее течение Сырдарьи, Амударьи, Голодная степь, Каршинская степь, Кура-Араксинская низменность, Вахшская долина, Ферганская долина). Большие площади засоленных земель имеются в Казахстане (Туранская впадина, Казахская складчатая территория), в Заволжье, в Зауралье, в Лено-Вилюйской низменности.

По последним данным, засоленные почвы мира занимают площадь около 954 млн. га, или свыше 7 % суши. В Европе засоленные и подверженные засолению почвы составляют 51 млн. га, в Азии — 318 млн., в Америке —147 млн., в Африке —80 млн., в Австралии и Океании —358 млн. га.

В Советском Союзе все виды засоленных и подверженных за-

солению почв занимают площадь 218 млн. га (В. В. Егоров и др.), или около 10 % территории страны, в том числе солончаки и солончаковые почвы — около 60 млн. га, солонцы и солонцовые почвы — около 140 млн. га. В настоящее время около половины орошаемых земель страны засолено в той или иной степени, что приводит к значительному недобору сельскохозяйственной продукции. Засолено свыше 60 % земель, пригодных для орошения; их освоение связано с дополнительными капитальными затратами. Большие территории в степных и сухостепных районах заняты солонцами и солонцеватыми почвами, урожаи на которых значительно ниже, чем на незасоленных почвах. Проблема борьбы с засолением почв имеет большое народнохозяйственное значение.

§ 53. Классификация и характеристика засоленных почв

Большое различие в составе и содержании солей в почве определило значительное разнообразие засоленных почв, их свойств, методы мелиорации и сельскохозяйственное использование (рис. 38).

Засоленные почвы делятся на две группы: почвы, засоленные нейтральными солями натрия, в основном хлоридами и сульфатами натрия, и почвы, засоленные гидролитическими щелочными солями натрия (в основном $NaHCO_3$, Na_2CO_3, Na_2SiO_3), т. е. почвы содового засоления.

Почвы, засоленные нейтральными солями натрия, распространены, как правило, в пустынях и полупустынях. Для них характерно большое (до нескольких процентов массы сухой почвы) содер-

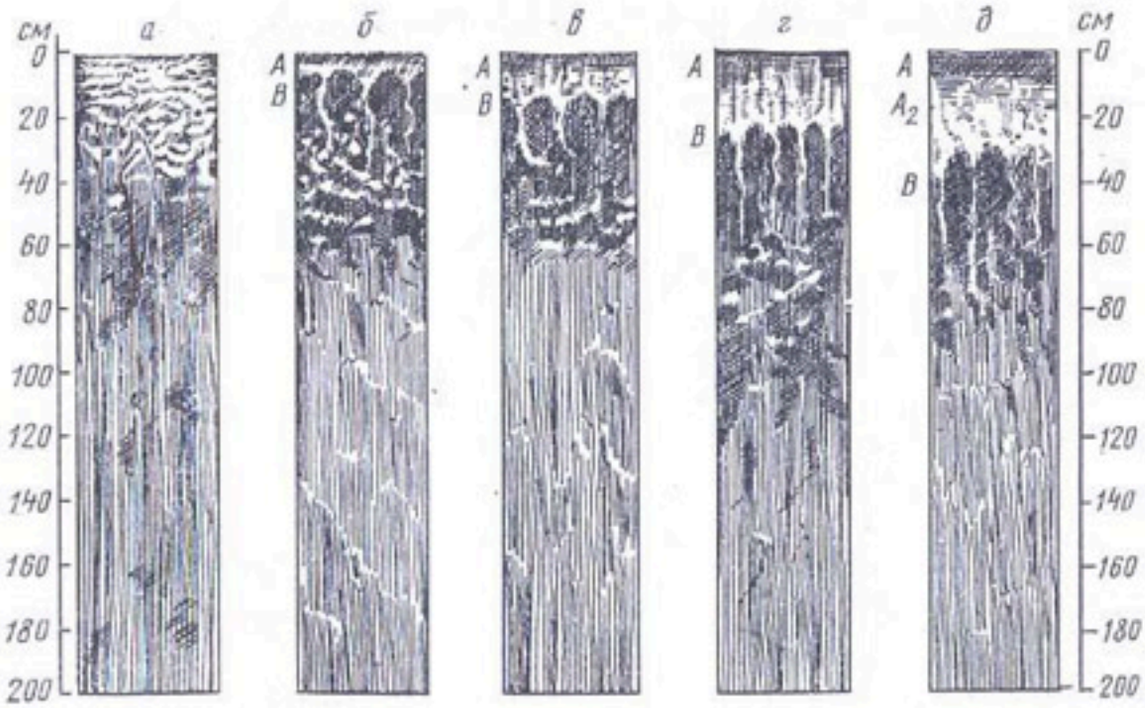


Рис. 38. Внешний вид засоленных почв:

а — солончак; *б* — корковый солонец; *в* — столбчатый солонец; *г* — глубокостолбчатый солонец (степной); *д* — солонец степных подов.

жание солей NaCl и Na_2SO_4 в почвенном профиле. При интенсивном соленакоплении может даже образовываться слой соли на поверхности почвы. Эти почвы называют солончаками.

Почвы, засоленные гидролитически щелочными солями натрия, распространены главным образом на более влажных территориях. Наличие гидролитически щелочных солей натрия придает почвам содового засоления особые свойства. Высокое содержание водорастворимых гидролитически щелочных солей натрия, в основном карбоната натрия, в верхних горизонтах угнетающе действует на растения. В этих условиях формируются почвы без структурного горизонта, имеющие много общего с хлоридными и сульфатными солончаками, но отличающиеся от последних, имеющих реакцию, близкую к нейтральной, сильнощелочной реакцией. Такие почвы называют содовыми солончаками.

Почвы содового засоления со структурным горизонтом *B* формируются при сравнительно низкой концентрации гидролитически щелочных солей натрия в верхних горизонтах. Характерным признаком таких почв является ярко выраженный горизонт *B* с призматической или столбчатой структурой, с большим содержанием обменных ионов натрия в почвенном поглощающем комплексе (содержание натрия может доходить до 20 % суммы поглощенных оснований). Поэтому горизонт *B* определяет генетический тип этих почв и их неблагоприятные физические, химические, физико-химические и биологические свойства, а следовательно, и их низкое плодородие. Такие почвы называются солонцами. В условиях промывного водного режима в результате замещения обменного натрия на водород образуются солоди.

§ 54. Солончаки и солончаковатые почвы

Солончаки и солончаковатые почвы распространены главным образом в пустынно-степной, пустынной и предгорной пустынно-степной зонах; встречаются на юге центральной степной области. Выделяются два типа солончаков: автоморфные и гидроморфные.

Автоморфные солончаки приурочены к выходам на поверхность древних засоленных пород (например, литогенные солончаки на засоленных глинистых отложениях) или образуются на гидроморфных в прошлом солончаках при понижении базиса эрозии, например на высоких древних речных террасах. Для них характерно глубокое (свыше 10 м) залегание грунтовых вод, не имеющих капиллярной связи с почвенным слоем. Водный режим таких почв непромывной или периодически выпотной после выпадения атмосферных осадков. Формируются автоморфные солончаки в пустынной зоне, реже в полупустынной.

Автоморфные солончаки делятся на подтипы: типичные с максимумом содержания солей в верхних горизонтах и отакыренные с признаками рассоления с поверхности при периодическом увлажнении атмосферными осадками и поверхностными водами. По ис-

точникам солей автоморфные солончаки разделяются на литогенные, древнегидроморфные и биогенные.

Литогенные солончаки образуются на четвертичных и морских солесодержащих горных породах. Для них характерно высокое содержание солей по всему профилю почвы. Древнегидроморфные солончаки образуются в результате опустынивания гидроморфных солончаков при понижении уровня грунтовых вод. Максимум солей содержится в верхних горизонтах почвы. К биогенным относятся нитратные солончаки. Образуются они в бессточных предгорных равнинах в местах конечного выноса и высыхания вод древних речных систем, на склонах холмов. В таких местах наблюдается аккумуляция нитратов, накапливающихся в результате геохимического стока с обширных водосборов и биологического усвоения азота из воздуха (микроорганизмами). Аккумуляции способствуют ослабление процессов денитрификации и отсутствие высшей растительности.

По типу засоления автоморфные солончаки разделяются на сульфатно-хлоридные и сульфатно-хлоридно-нитратные. Содержание NO_3 в последних составляет 0,1—1 % массы сухой почвы, а в солевых корках на поверхности почвы — до 7—8 %.

Морфологическое строение профиля автоморфных солончаков следующее. На поверхности залегает рыхлая вспученная землистая масса, обильно пропитанная солями (1—2 см). Соли образуют на поверхности почвы корочки и выцветы. Ниже находится засоленная недифференцированная на генетические горизонты почвообразующая порода. На поверхности отакыренных автоморфных солончаков имеется хрупкая корочка, разбитая сетью трещин, по которым проступает сильнозасоленная пухлая землистая масса с выцветами солей на поверхности.

Гидроморфные солончаки формируются в условиях близкого (0,5—3 м) залегания минерализованных грунтовых вод при наличии интенсивных восходящих токов влаги, расходуемой на испарение. Это приводит к аккумуляции в верхних горизонтах легкорастворимых солей, карбонатов и гипса. Распространены они в понижениях мезо- и микрорельефа, в лиманах, на днищах пересыхающих озер, на пойменных террасах, на периферии болот и соленых озер в полупустынях, пустынях, а также в лесостепной и степной зонах. Растительность на гидроморфных солончаках либо отсутствует, либо представлена разреженным покровом особо солеустойчивых видов (солянка, сведа, солерос, петросимония, аджерек, кермек, мелкий стелющийся тростник и др.).

Гидроморфные солончаки внешне хорошо выделяются по выцветам солей, наличию пухлого, корково-пухлого и даже мокрого в сухое время года слоя (1—3 см) с большим количеством солей (30—60 %) на поверхности почвы.

Подтипы гидроморфных солончаков: типичные, луговые, болотные, соровые, грязево-вулканические, бугристые. Выделяются также вторичные солончаки, образовавшиеся на незасоленных почвах в результате неправильного орошения, сопровождающегося подъемом уровня грунтовых вод.

Типичные солончаки формируются на террасах солевых озер, на повышениях между лиманами при глубине грунтовых вод 2—4 м; имеют довольно монотонный профиль со скоплением солей в верхнем (5—10 см) горизонте. Гумусовый горизонт маломощный (5—10 см), светло-серый или буровато-светло-серый, гумуса содержится до 1 %. По всему профилю наблюдаются выделения солей в виде новообразований (мелкокристаллические скопления солей в виде прожилок, пятен, кристаллов и прослоев гипса, скопления карбонатов). Имеются охристые и сизоватые пятна, а с глубиной 1 м обнаруживаются признаки оглеения.

Луговые солончаки распространены вокруг болот, озер, в понижениях высоких пойменных террас, где грунтовые воды залегают на глубине 1—2 м; образуются при засолении луговых почв. Почвенный профиль имеет следующее строение:

A_c — солевая корка или солевой слой;

A — гумусовый горизонт мощностью 20—50 см, темно-серый или буровато-серый, порошисто-комковатой структуры;

AB_g — переходный горизонт мощностью 10—30 см, буро-серый с сизым оттенком, ореховато-крупнокомковатой структуры, по граням отдельностей имеются корочки и выцветы легкорастворимых солей и гипса;

B_{gk} — переходный горизонт, пестроокрашенный с бурыми ржавыми и сизыми пятнами, содержит выделения карбонатов в виде белоглазки, с признаками оглеения;

C_g — оглеенная почвообразующая порода.

Луговые солончаки обладают остаточными признаками луговых почв, в частности имеют повышенное по сравнению с типичными солончаками содержание гумуса (2—10 % в лесостепной и степной зонах и 1—2 % в полупустынной и предгорно-пустынной зонах).

Болотные солончаки формируются в понижениях рельефа под солянковой растительностью с примесью угнетенных болотных растений, образуются при засолении лугово-болотных, низинных и торфяно-глеевых почв. Распространены они в лесостепи Западной Сибири при наличии сильноминерализованных (часто сульфатных) грунтовых вод, залегающих на глубине 0,5—1 м, а также в предгорной пустынно-степной зоне в понижениях предгорных равнин и речных террас.

Строение почвенного профиля болотных солончаков следующее:

A_c — солевая корка или солевой слой;

$A_m(T)$ — органогенный горизонт мощностью 35—50 см, темно-бурый, серо-бурый, в виде оторфованной массы, часто с большим количеством ила, в аридной зоне — это гумусовый оглеенный горизонт;

B_g — переходный оглеенный сизовато-палевый со ржаво-охристыми пятнами и потеками, с прожилками легкорастворимых солей, содержит карбонаты;

G — оглеенная почвообразующая порода.

Соровые солончаки встречаются на днищах пересыхающих со-

левых озер (местное название — соры). Грунтовые воды сильно минерализованы (до 100—150 г/л), залегают на глубине 0,5—1 м, сезонно выходят на поверхность. Поверхность солончаков влажная, покрыта солевыми выцветами, корочкой или присыпкой из кристаллов солей. Максимальное содержание солей наблюдается в верхнем (10—20 см) слое и доходит до 10 % массы сухой почвы. Растительность отсутствует, по всему профилю отмечается сильное оглеение.

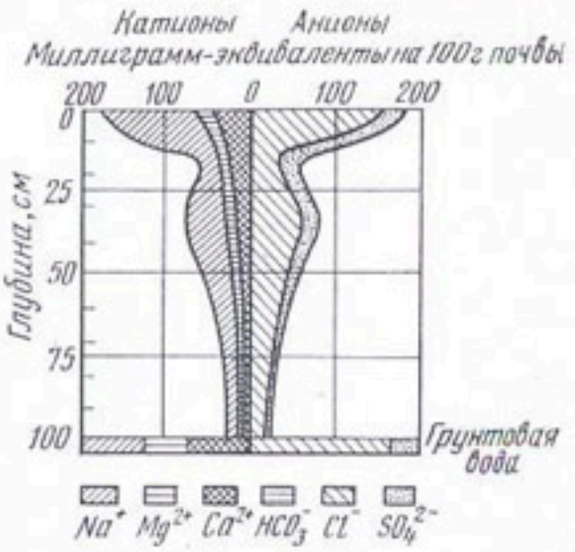


Рис. 39. Распределение и состав солей в профиле солончаковой почвы (по А. А. Роде).

Грязево-вулканические солончаки образуются в результате излива на поверхность глубинных солевых грязей или минерализованных напорных вод.

Бугристые солончаки представляют собой навеянные подкустовые бугры сильнозасоленного землистого материала (высотой до 1—1,5 м), увенчанные верхушками угнетенных или отмерших засыпанных кустов тамарикса или черного саксаула. Поверхность бугров покрыта корочкой.

В пределах каждого подтипа солончаков выделяют роды по глубине максимального скопления солей, по преобладающим солям (химизму или типу засоления), по степени засоления (содержанию солей).

В зависимости от глубины залегания верхней границы солевого горизонта неорошаемые солончаки разделяются на солончаковые почвы (верхняя граница солевого горизонта на глубине 0—30 см, рис. 39), солончаковатые (30—80 см), глубокосолончаковатые (80—150 см), глубокозасоленные (глубже 150 см). Орошаемые засоленные почвы разделяют на солончаковые (верхняя граница солевого горизонта на глубине 0—50 см), солончаковатые (50—100 см) и глубокозасоленные (100—200 см).

Тип засоления почв определяется по преобладающим солям в водной вытяжке (табл. 30).

По степени засоления почвы разделяют на слабо-, средне-, сильно- и очень сильнозасоленные; учитывают тип засоления из-за разной токсичности солей (наиболее токсичны HCO_3^-, затем Cl^- и SO_4^{--}). Степень засоления по среднему содержанию солей определяют: на неорошаемых солончаковых почвах в слое 0—30 см, на солончаковатых, глубокосолончаковатых и глубокозасоленных в слое максимального скопления солей; на орошаемых солончаковых почвах — по среднему содержанию солей в слое 0—50 см, в солончаковатых и в глубокозасоленных — в слое максимального скопления солей.

от их количества и свойств (растворимость, например), влажности почвы и структуры порового пространства. Часть солей находится в растворе, где они диссоциируются на ионы с различной степенью подвижности. Часть ионов адсорбирована твердой фазой почвы. Некоторое их количество находится в тупиковых порах, образующих застойные зоны. Нерастворенные соли могут покрывать почвенные частицы тонкой кристаллической пленкой или образовывать скопления кристаллов, вплоть до прослоев солей.

Движение солей в почве может происходить при передвижении почвенной влаги. Оно осложняется электрокинетическими явлениями, вызванными взаимодействием ионов солей с диполями молекул воды, диффузионными процессами из-за разности концентрации раствора, осмотическими явлениями, термодиффузионными процессами из-за разности температур, процессами сорбции и десорбции, растворения и кристаллизации солей.

Перенос вещества и энергии в почве описывается с помощью уравнений термодинамики необратимых процессов. Причиной возникновения необратимых потоков является неоднородность в пространстве температуры и химического (парциального) потенциала компонентов почвенного раствора.

Термодинамический потенциал системы (раствора):

$$\Phi = n_b \mu_0(p, T) + n_c kT \ln \frac{n_c}{e n_b} + n_c \chi(p, T) + \\ + n_b U_b(x, y, z) + n_c U_c(x, y, z),$$

где n_b и n_c — число молекул воды и растворенных в ней частиц (ионов) соответственно; p — давление; T — температура; μ_0 — химический (парциальный) потенциал воды при отсутствии в ней примесей и без учета внешних полей; χ — аналогичная величина для ионов растворенных в ней веществ; U_b и U_c — потенциальная энергия молекул воды и растворенных веществ во внешних полях (гравитационном, электрическом); e — основание натуральных логарифмов; k — постоянная Больцмана.

Химический потенциал компоненты раствора:

$$\mu_c = \partial\Phi/\partial n_i,$$

где n_i — число частиц данной компоненты.

Так, химический потенциал воды в растворе $\mu_b = \partial\Phi/\partial n_b = \mu_0(p, T) - kT_c + U_b$, а для растворенных веществ: $\mu_c = \partial\Phi/\partial n_c = kT \ln C + \chi(p, T) + U_c$, где $C = n_c/n_b$ — концентрация раствора.

Потоки вещества или энергии возникают при наличии термодинамической силы X_i, т. е. градиента составляющей термодинамического потенциала. Так, при одномерных вертикальных потоках вдоль оси x

$$X_i = \frac{\partial}{\partial x}(\mu_i/T); \quad X_T = \frac{\partial}{\partial x}(1/T).$$

Величина потока i-го компонента (влаги, солей, тепла, электричества) равна:

$$q_i = -\sum_k L_{ik} X_k.$$

При $i=k$ величины q_k и X_k называются сопряженными. Так, градиент температуры вызывает поток тепла, градиент концентрации растворенных веществ — поток растворенных веществ, градиент химического потенциала воды — течение влаги и т. д. Из этого уравнения следует и другое важное обстоятельство. Так, при $i \neq k$ возникают перекрестные потоки: поток влаги из-за переноса тепла и вызываемого последним градиента температур; поток солей, вызванный потоком электричества и т. д.

Величина L_{ik} называется кинетическим коэффициентом: она характеризует взаимодействие среды и движущегося компонента, например водопроницаемость, теплопроводность; определяется экспериментально или расчетным путем.

В общем случае перенос влаги $q_в$, солей q_c, потоки тепла q_T и электричества $q_э$ описываются системой уравнений:

$$\begin{cases} q_в = -L_{вв}\dfrac{\partial}{\partial x}(\mu_в/T) - L_{вс}\dfrac{\partial}{\partial x}(\mu_c/T) + L_{вT}\dfrac{\partial}{\partial x}(1/T) - L_{вэ}\dfrac{\partial}{\partial x}(\varphi/T); \\ q_c = -L_{св}\dfrac{\partial}{\partial x}(\mu b/T) - L_{сс}\dfrac{\partial}{\partial x}(\mu_c/T) + L_{cT}\dfrac{\partial}{\partial x}(1/T) - \\ -L_{вэ}\dfrac{\partial}{\partial x}(\varphi/T); \\ q_T = -L_{Tв}\dfrac{\partial}{\partial x}(\mu_в/T) - L_{Tc}\dfrac{\partial}{\partial x}(\mu_c/T) + L_{TT}\dfrac{d}{dx}(1/T) - \\ -L_{Tэ}\dfrac{\partial}{\partial x}(\varphi/T); \\ q_э = -L_{эв}\dfrac{\partial}{\partial x}(\mu_в/T) - L_{эс}\dfrac{\partial}{\partial x}(\mu_c/T) + L_{эT}\dfrac{d}{dx}(1/T) - L_{ээ}\dfrac{\partial}{\partial x}(\varphi/T), \end{cases}$$

где φ — потенциал электрического поля.

Для описания процессов, происходящих при мелиорации почв, эту сложную систему дифференциальных уравнений обычно упрощают, так как искусственно увеличивается роль некоторых факторов, вызывающих процесс движения. В частности, при промывке почв значительно увеличивают скорость движения почвенной влаги, и тогда главными причинами передвижения солей становятся их конвективный перенос движущейся влагой и встречный диффузионный поток солей из-за образования больших градиентов концентрации на границе промытых и непромытых слоев почвы.

Движение солей, вызванное градиентом температуры и электрических полей, при этом становится сравнительно небольшим, и им пренебрегают. При таких допущениях поток солей в почве

$$q_c = -L_{св}\frac{\partial}{\partial x}(\mu_в/T) - L_{сс}\frac{\partial}{\partial x}(\mu_c/T).$$

В правой части этого уравнения первое слагаемое представляет конвективную составляющую потока солей, а второе — диффузионную. В таком случае кинематические коэффициенты $L_{св}$ и $L_{сс}$ приобретают физический смысл, и с учетом первого закона Фика

для диффузии растворенных веществ, обобщенного на случай почвенных растворов, поток солей в вертикальном направлении можно записать в виде

$$q_c = v_x C - D \frac{\partial C}{\partial x},$$

где v_x — составляющая потока почвенной влаги вдоль вертикальной оси x через единицу поперечного сечения (в м/сут), C — концентрация почвенного раствора (в г/м³); D — коэффициент конвективной диффузии растворенных в почвенной влаге веществ (в м²/сут), который существенно отличается от коэффициента молекулярной диффузии в свободных растворах D_0.

На скорость диффузии солей в почве влияют форма и извилистость пор, неполное их заполнение влагой, неравномерность (дисперсия) по величине и направлению скорости движения влаги. Поэтому коэффициент конвективной диффузии представляют в виде

$$D = D_м + \lambda |v|,$$

где $D_м = \omega \eta D_0$ — коэффициент молекулярной диффузии в покоящемся почвенном растворе, где ω — объемная влажность почвы; η — коэффициент, учитывающий извилистость пор; обычно он изменяется в пределах 0,3—0,7.

Коэффициент молекулярной диффузии в свободных растворах D_0 зависит от свойств растворенного вещества и растворителя, температуры, давления. Для водных растворов токсичных солей он лежит в пределах 0,00003—0,00011 м²/сут. В почвенных растворах $D_м$ на порядок меньше, и поэтому в расчетах им часто пренебрегают.

Степень дисперсии скоростей движения почвенной влаги учитывают параметром дисперсии λ, являющимся объективной характеристикой структуры порового пространства в почве. По опытным данным, он изменяется в пределах от 0,1—0,4 м для легких и однородных по механическому составу почв до 1,0—1,1 м для тяжелых почв.

При промывках создают скорости движения почвенной влаги порядка 0,002—0,01 м/сут, поэтому ввиду сравнительной малости $D_м$ коэффициент конвективной диффузии обычно представляют следующим образом: $D = \lambda |v|$, величина которого лежит в пределах 0,001—0,01 м²/сут.

Для определения изменения содержания солей по глубине почвы в процессе промывки или при прогнозе солевого режима рассмотрим баланс солей в слое Δx за время Δt. Полные запасы солей в этом слое будут состоять из растворенных солей ωC (подвижная часть запасов), а также из солей, сорбированных твердой фазой, нерастворенных и находящихся в непроточных тупиковых порах S. В неравновесном состоянии, т. е. при наличии движения солей за время Δt, произойдет изменение запасов солей, равное $\Delta(\omega C)\Delta x + \Delta S \Delta x$.

В соответствии с законом сохранения вещества это изменение запасов солей должно равняться разности между приходом солей в слой Δx за время Δt и расходом $\Delta q_c \Delta t$. Уравнение баланса солей можно записать в виде

$$\frac{\Delta(\omega C)}{\Delta t}+\frac{\Delta S}{\Delta t}=-\frac{\Delta q_c}{\Delta x},$$

или в дифференциальной форме

$$\frac{\partial(\omega C)}{\partial t}=\frac{-\partial q_c}{\partial x}-\frac{\partial S}{\partial t}.$$

Дифференцируя левую часть и подставляя в правую выражение для потока солей, получаем:

$$\omega\frac{\partial C}{\partial t}+C\frac{\partial \omega}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial x}\left(D\frac{\partial C}{\partial x}\right)-v_x\frac{\partial C}{\partial x}-C\frac{\partial v_x}{\partial x}-\frac{\partial S}{\partial t}.$$

В главе IV было показано, что баланс влаги в слое Δx в дифференциальной форме имеет вид:

$$\frac{\partial \omega}{\partial t}=-\frac{\partial v_x}{\partial x}-e_k,$$

где e_k — интенсивность отбора влаги корнями растений. С учетом этого уравнение баланса солей примет вид:

$$\omega\frac{\partial C}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial x}\left(D\frac{\partial C}{\partial x}\right)-v_x\frac{\partial C}{\partial x}+Ce_k-\frac{\partial S}{\partial t}.$$

Из этого следует, что отбор влаги корнями растений приводит к росту концентрации почвенного раствора, что учитывается членом Ce_k.

Рассмотрим взаимодействие солей, находящихся в растворе C и солей, непередвигающихся вместе с движущейся почвенной влагой S. Эти неподвижные соли можно расчленить на соли, находящиеся в форме кристаллов S_k, сорбированные скелетом почвы S_a и находящиеся в растворенном виде в микропорах и в тупиковых застойных зонах пористого пространства почвы $S_т$, т. е. $S=S_k+S_a+S_T$.

Скорость растворения солей в почве $(\partial S_k/\partial t)$ зависит от скорости химических реакций на контакте растворителя (почвенной влаги) и кристаллов солей, а также от скорости подхода влаги к зоне растворения и скорости отвода растворенных солей путем диффузии и движущейся влагой. Количественно процесс растворения солей можно выразить следующим образом:

$$\frac{\partial S_k}{\partial t}=-\gamma(C_н-C),$$

где γ — коэффициент скорости растворения; $C_н$ — концентрация предельного насыщения.

Из этого уравнения следует, что при концентрации почвенного раствора меньше предельной $(C<C_н)$ производная запасов солей в твердой фазе по времени отрицательна, т. е. происходит растворение солей, находящихся в виде кристаллов. При росте концентрации почвенного раствора $(C>C_н)$ возможен переход солей в твердую фазу.

Процессы сорбции и десорбции солей, т. е. обмен ионами между сольватным слоем на поверхности твердых частиц и почвенным

раствором, и обмен ионами солей между тупиковыми и проточными порами имеют разную физико-химическую природу, но скорости этих процессов близки и математически описываются одинаковыми зависимостями. Поэтому оба эти процесса обычно рассматриваются вместе, так как в эксперименте разделить их практически невозможно.

Обмен ионами между почвенным раствором, с одной стороны, и сорбированными ионами, а также находящимися в тупиковых порах и застойных зонах — с другой, протекает с некоторой скоростью, т. е. является неравновесным. Вместе с тем для подвижных ионов и при высоких влажностях его часто принимают происходящим очень быстро, т. е. считают равновесным. Другими словами, равновесие наступает быстро, практически мгновенно, по сравнению с медленными процессами опреснения или засоления почв.

В общем виде масса солей, поглощенная из раствора твердой фазой за время ∂t, составит:

$$\partial S_a' = C\omega v_1 F \partial t,$$

где C — массовая концентрация почвенного раствора; ω — объемная влажность; v_1 — скорость перехода солей из почвенного раствора в сольватный слой или в тупиковые поры; F — удельная поверхность твердой фазы. В это же время может идти встречный процесс перехода солей в раствор: $\partial S_a'' = v_2 F \partial t$, где $S_a = S_a' - S_a''$ — массовая концентрация солей, удерживаемая твердой фазой и находящаяся в тупиковых порах, v_2 — скорость перехода солей в раствор.

Вычитая второе выражение из первого, получаем:

$$\frac{\partial S_a'}{\partial t} - \frac{\partial S_a''}{\partial t} = C\omega v_1 F - S_a v_2 F,$$

или, обозначая $\beta = F v_1$; $\alpha = v_1 / v_2$:

$$\frac{\partial S_a}{\partial t} = \beta (C\omega - \alpha S_a),$$

т. е. имеем уравнение неравновесного обмена солями между раствором, сольватными слоями и тупиковыми порами. В этом уравнении коэффициент α называется коэффициентом распределения вещества, характеризующим физико-химические свойства солей и твердой фазы, а также распределение солей на поверхности твердой фазы и в тупиковых порах. Коэффициент β характеризует скорость обмена солями между почвенным раствором в проточных порах и солями, сорбированными твердой фазой и находящимися в тупиковых порах. При больших значениях этой скорости, т. е. при $\beta \to \infty$ получаем уравнение равновесного обмена:

$$S_a = C\omega / \alpha,$$

или

$$\frac{\partial S_a}{\partial t} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial (C\omega)}{\partial t}.$$

В процессе осолонцевания и при мелиорации солонцов изменяется состав поглощенных катионов. Процесс обмена разновалент-

ными катионами может быть описан следующей равновесной изотермой сорбции:

$$\left(\frac{S_1}{C_1}\right)^{1/n_1} = K_{1-2}\left(\frac{S_2}{C_2}\right)^{1/n_2},$$

где S_1 и S_2 — количество катионов адсорбированных твердой фазой почвы; C_1 и C_2 — равновесные концентрации этих катионов в почвенном растворе; n_1 и n_2 — валентности этих катионов; K_{1-2} — константа обмена.

Например, при вытеснении натрия кальцием этот процесс описывается уравнением

$$\frac{S_{Na}}{C_{Na}} = K_{Na-Ca}\left(\frac{S_{Ca}}{C_{Ca}}\right)^{0,5}.$$

Таким образом получаем систему уравнений, описывающих передвижение солей в почве:

$$\begin{cases} \omega \dfrac{\partial C}{\partial t} = \dfrac{\partial}{\partial x}\left(D \dfrac{\partial C}{\partial x}\right) - v_x \dfrac{\partial C}{\partial x} + Ce_к - \dfrac{\partial S_к}{\partial t} - \dfrac{\partial S_a}{\partial t}; \\ \dfrac{\partial S_к}{\partial t} = -\gamma\left(C_н - C\right); \\ \dfrac{\partial S_a}{\partial t} = -\beta\left(\alpha S_a - C\omega\right). \end{cases}$$

Решая эту систему уравнений вместе с уравнением передвижения почвенной влаги (см. главу IV), можно составить детальный прогноз водного и солевого режимов почв как в естественных условиях, так и при осуществлении мелиоративных приемов (при орошении, промывке, дренаже).

При решении этой системы в качестве начальных условий принимают исходную эпюру распределения солей по глубине. Граничное условие на поверхности почвы $x=0$ принимают в виде

$$D \frac{\partial C}{\partial x}\bigg|_{x=0} = v_0\left(C_{x=0} - C_{п.в}\right),$$

где v_0 — скорость впитывания влаги в почву при поливе и во время атмосферных осадков или с обратным знаком скорость испарения влаги с поверхности почвы в межполивные периоды; $C_{п.в}$ — минерализация поливной воды (естественно, что в межполивные периоды она принимается равной нулю).

На нижней границе расчетного слоя $x=L$ при близких грунтовых водах $h_г<L$ в качестве граничного условия принимают $C_{x=L}=C_{гр.в}$, где $C_{гр.в}$ — минерализация грунтовых вод. При глубоких грунтовых водах $h_г>L$ принимают $dC/dx|=0$.

При промывке засоленных почв вначале происходит заполнение пор промывной водой. В это время обычно растворяются легкорастворимые токсичные соли. Последующие порции промывной воды, проходя через почву, создают в ее порах некоторую скорость v, которую можно считать в процессе промывки постоянной во времени и по глубине. Зависит эта скорость в основном от интенсивности работы дренажа; ее можно регулировать, изменяя частоту дрен или их глубину.

Скорость движения промывной воды v и продолжительность промывки t определяют промывную норму $N=vt$. Для расчета этой нормы необходимо решить уравнение движения солей. При этом принимается, что $S_K=0$, т. е. токсичные соли быстро растворяются. Принимается также, что все поры почвы заполнены водой: $\omega=m$, где m — пористость почвы. Процесс обмена солями между почвенным раствором, сольватным слоем и тупиковыми порами описывают равновесным уравнением сорбции:

$$\frac{\partial S_a}{\partial t}=\frac{m}{\alpha}\frac{\partial C}{\partial t}.$$

При таких допущениях уравнение передвижения солей можно записать в виде

$$m\frac{\partial C}{\partial t}=D\frac{\partial^2 C}{\partial x^2}-v\frac{\partial C}{\partial x}-\frac{m}{\alpha}\frac{\partial C}{\partial t}$$

или

$$m_э\frac{\partial C}{\partial t}=D\frac{\partial^2 C}{\partial x^2}-v\frac{\partial C}{\partial x},$$

где $m_э$ — эффективная пористость, значение которой учитывает процессы обмена: $m_э=\left(1+\frac{1}{\alpha}\right)m$.

Решая это уравнение и полагая, что $D=\lambda v$, можно получить величину промывной нормы (формула А. И. Голованова):

$$N=m_э\left(h_{пр}+2A\sqrt{\lambda m_э h_{пр}}\right),$$

где $h_{пр}$ — мощность промываемого слоя почвы, обычно принимается равной 1—2 м, в зависимости от мощности солевого горизонта; λ — параметр дисперсии; A — коэффициент, зависящий от общих исходных запасов солей в почве $S_и$ (в % сухой массы почвы) в промываемом слое и от допустимых запасов солей после промывки $S_{доп}$. При промывке солончаков запасы иона хлора должны быть доведены до 0,01—0,02 % сухой массы почвы, иона SO_4 — до 0,15—0,20 %. Значения коэффициента A приведены в таблице 32.

32. **Зависимость коэффициента A от отношения $S_{доп}/S_и$**

$S_{доп}/S_и$	0,001	0,005	0,01	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18
A	2,19	1,82	1,65	1,45	1,24	1,10	0,99	0,91	0,83	0,76	0,70	0,65

$S_{доп}/S_и$	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
A	0,60	0,48	0,37	0,27	0,18	0,09	0,00

Для расчета промывных норм по этой формуле надо знать величину пористости в промываемом слое, параметр дисперсии, а также исходные запасы солей. Эти данные получают в процессе

изысканий. С помощью солевой съемки получают ряд значений $S_и$ для генетически однородных контуров. В зависимости от степени неравномерности исходного засоления по площади исходные запасы измеряют в 10—30 точках и статистически их обрабатывают.

Для расчета используют значения с обеспеченностью (вероятностью превышения) меньшей, чем 50 %. Дело в том, что, если промывную норму рассчитать на среднее значение исходного засоления, то около 50 % площади будет недопромытой. Поэтому расчетную обеспеченность исходного засоления выбирают на основании технико-экономического расчета, учитывающего затраты на промывку (растущие при уменьшении % обеспеченности исходного засоления) и ущерб от недопромывки, уменьшающийся с уменьшением % обеспеченности.

Ориентировочные расчеты показывают, что расчетная обеспеченность исходного засоления колеблется от 10 % при сильнонеравномерном засолении до 30 % при сравнительно равномерном.

В практике расчета промывных норм используется и ряд эмпирических формул, имеющих ограниченное применение, так как они получены путем обобщения опыта в определенных регионах. Из этих формул наибольшее распространение получила формула В. Р. Волобуева:

$$N = \alpha \lg (S_и / S_{доп}),$$

где N — промывная норма в м слоя воды; α — коэффициент солеотдачи, зависящий от механического состава почв и типа засоления (табл. 33).

33. **Коэффициент солеотдачи α для расчета промывных норм по формуле В. Р. Волобуева**

Механический состав почв	Тип засоления			
	хлоридный	сульфатно-хлоридный	сульфатно-натриевый	сульфатно-натриево-кальциевый
Глинистые слоистые	2,70	2,80	3,00	3,30
Глинистые и суглинистые с пониженной солеотдачей	1,22	1,32	1,42	1,78
Среднесуглинистые слоистые, неоднородные	0,92	1,02	1,12	1,48
Легкосуглинистые и супесчаные	0,62	0,72	0,82	1,19

Эта формула пригодна для расчета опреснения верхнего метрового слоя почвы.

Технология промывки, способы подачи и отвода промывной воды, подготовительные работы подробно рассматриваются в курсе «Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации».

§ 56. Солонцы и солонцеватые почвы

К солонцам относят почвы, содержащие в гумусовом горизонте такое количество обменного натрия (при практическом отсутствии легкорастворимых солей), которое обусловливает развитие

в почвах комплекса специфических свойств: щелочную реакцию, образование соды, большую растворимость органического вещества и подвижность пептизированных коллоидов, высокую дисперсность минеральной части, связность, липкость, набухание почвы при увлажнении, сильное уплотнение и твердость при иссушении. Солонцы обладают малой водопроницаемостью, небольшими запасами доступной для растений влаги. Для солонцов характерно также наличие токсичных солей в нижних горизонтах профиля.

В зависимости от характера водного режима и комплекса связанных с ним свойств солонцы разделяют на три типа: автоморфные, полугидроморфные и гидроморфные. Свойства солонцов зависят от зонально-географических условий, поэтому выделяют солонцы черноземные, каштановые, полупустынные.

Автоморфные солонцы развиваются в условиях непромывного водного режима при отсутствии влияния глубоко (более 6—7 м) залегающих грунтовых вод. Образуются они на засоленных почвообразующих породах (литогенные солонцы) или в процессе остепнения первично-гидроморфных солонцов. Распространены в лесостепной, степной и полупустынной зонах, преимущественно в виде мелких пятен в комплексе с незасоленными почвами, местами образуют сплошные массивы.

Черноземные солонцы распространены в южной лесостепи и в степи на увалистых водоразделах, покатых склонах южных экспозиций, на древнеаллювиальных хорошо дренированных равнинах, в местах выхода к поверхности коренных засоленных пород. Черноземные солонцы формируются под угнетенной разреженной степной растительностью, включающей полынь, кермек, солянки.

Строение профиля черноземных солонцов следующее:

A_d — дернина мощностью 2—3 см, переплетена живыми и отмершими корнями растений, на распаханных почвах она отсутствует;

A_1 — гумусово-элювиальный (надсолонцовый) горизонт мощностью 5—10 см, темно-серый или серый, с комковато-пылеватой, пластинчатой или слоеватой структурой, пористый;

A_2 — осолоделый горизонт мощностью до 5 см, белесовато-серый, с тонкослоеватой структурой, иногда отсутствует;

B_1 — солонцовый (иллювиальный) гумусовый горизонт мощностью 10—20 см, темно-бурый или коричневато-бурый, с хорошо выраженной столбчатой, призмовидной или глыбистой структурой, плотный, в сухом состоянии трещиноватый, трудно раздробляется;

B_2 — подсолонцовый горизонт более светлой окраски, с крупноореховатой или призмовидно-комковатой структурой, содержит карбонаты в виде белоглазки, выделения легкорастворимых солей;

BC — переходный горизонт с большим количеством легкорастворимых солей, гипса и карбонатов;

C — засоленная материнская порода.

В горизонте A содержится 3—7 % гумуса, в солонцовом горизонте содержание гумуса резко уменьшается. Гумус горизонта A

богат гуминовыми кислотами, в горизонте *B* преобладают фульвокислоты. В солонцовом горизонте содержится в 2—3 раза больше ила, чем в надсолонцовом, емкость поглощения в нем также в 1,5—3 раза больше, чем в горизонте *A*.

Содержание обменного натрия велико — от 15 до 30 %, иногда до 40 % емкости поглощения. Особенно велико количество поглощенного натрия при содовом засолении. Реакция верхнего надсолонцового горизонта слабощелочная, нижних — щелочная. Почвы бедны подвижными формами азота и фосфора, имеют неблагоприятные водно-физические свойства, обладают низким плодородием, нуждаются в сложных комплексных мелиорациях.

Каштановые солонцы распространены массивами или небольшими пятнами среди каштановых почв, образовались на третичных пестроцветных морских засоленных отложениях, на юрских, меловых отложениях в нижних частях склонов, в долинах рек, на сопках в Казахстане при глубоком (свыше 6—7 м) залегании грунтовых вод и непромывном водном режиме. По строению профиля каштановые солонцы сходны с черноземными, отличаются более светлой окраской и меньшим содержанием гумуса, большим содержанием легкорастворимых солей в основном хлоридно-сульфатного состава. Физико-химические свойства каштановых солонцов еще менее благоприятны, в сухом состоянии солонцовый горизонт очень плотный, во влажном мажущийся, вязкий, сильно набухает и становится водонепроницаемым. В результате сильно затрудняется обработка, особенно весной, очень затруднен полив. Каштановые солонцы нуждаются в коренных мелиорациях.

Полупустынные солонцы формируются в основном в зоне бурых пустынно-степных почв в условиях очень сухого резко континентального климата на карбонатных почвообразующих породах. В связи с этим биогенно-аккумулятивные и элювиально-иллювиальные солонцовые процессы развиты в них в слабой степени. Наиболее распространены солончаковые полупустынные солонцы — мелкие или корковые с такыровидной поверхностью, с пластинчато-призматическим солонцовым горизонтом B_1 небольшой (10—15 см) мощности. Под ним залегают соленосные горизонты, содержащие легкорастворимые соли и гипс.

Полугидроморфные солонцы сформировались в условиях смешанного поверхностного и грунтового увлажнения на недренированных равнинах, на древних речных террасах, в понижениях рельефа. В этих условиях наблюдается временное скопление талых снеговых вод. Грунтовые воды, залегающие на глубине 3—5 м, обеспечивают капиллярное поднятие влаги в корнеобитаемый слой почвы. Водный режим таких почв характеризуется как пульсирующий: кратковременно неглубоко промывной с последующим длительным выпотным периодом. В засушливых районах весеннее промывание может быть неежегодно. При этом солонцовый процесс наиболее ярко выражен. Наблюдается четкая выраженность всех генетических горизонтов. В зависимости от географических условий выделяют лугово-черноземные, лугово-каштановые и лугово-полупустынные полугидроморфные солонцы.

Лугово-черноземные солонцы распространены в лесостепной и степной зонах среди черноземных почв под разреженной угнетенной полынной и типчаково-полынной растительностью.

Морфологическое строение профиля следующее:

A_d — дернина, маломощная, слаборазвитая;

A — гумусовый надсолонцовый горизонт мощностью 3—25 см, серый или темно-серый, с комковато-пылеватой, слоеватой или пластинчатой структурой, в нижней части иногда осолоделый;

B_1 — иллювиально-гумусовый, солонцовый горизонт мощностью 10—15 см, темно-бурый или буро-черный, очень плотный в сухом состоянии, со столбчатой, призматической или ореховатой структурой;

B_2 — подсолонцовый, слабогумусированный горизонт, менее плотный, с выцветами легкорастворимых солей, выделениями гипса и карбонатов;

BC — солевой горизонт мощностью от 50—70 до 200—300 см, содержит пятна и прожилки карбонатов, кристаллы гипса, выцветы легкорастворимых солей;

C — почвообразующая порода, обводненная, содержит грунтовые воды.

Содержание гумуса в лугово-черноземных солонцах колеблется от 12 в лесостепной до 3—6 % в степной зоне. Реакция почвы в горизонте A близка к нейтральной, ниже — щелочная (pH 8—10). Количество обменного натрия в горизонте B_1 может составлять 30—50 % емкости поглощения, которая, в свою очередь, равна 40—60 мэкв/100 г почвы. Верхний горизонт беден илом и полуторными окислами, нижние — обогащены. Эти почвы малоплодородны и нуждаются в мелиорациях. Из-за близости минерализованных грунтовых вод к поверхности существует угроза вторичного засоления.

Образование и свойства лугово-каштановых полугидроморфных солонцов во многом схожи с лугово-черноземными, отличия вызваны разными условиями почвообразования: повышенная сухость климата, менее богатая естественная растительность, повышенное засоление почв и минерализация грунтовых вод (до 40—70 г/л). Подсолонцовый горизонт имеет признаки вторичного засоления. Для этих почв характерно меньшее содержание гумуса (1—3 %), меньшая емкость поглощения (15—40 мэкв/100 г почвы). Почвенный профиль четко дифференцирован по морфологическим признакам, по содержанию солей, ила. Почвы не плодородны, нуждаются в коренных мелиорациях.

Лугово-полупустынные солонцы распространены в зоне бурых полупустынных почв. Почвенный профиль их маломощный, расчленен на поверхностный белесо-палевый слоистый подсолонцовый и коричневый уплотненный призматический солонцовый горизонты.

Полугидроморфные мерзлотные солонцы встречаются в Центральной Якутии среди лугово-черноземных почв.

Гидроморфные солонцы формируются в условиях повышенного

увлажнения с преобладанием капиллярного насыщения всего профиля мелкозалегающими грунтовыми водами. Распространены преимущественно в зонах черноземных и каштановых почв, в местах с глубиной грунтовых вод 1—3 м, образуют комплексы с луговыми и лугово-болотными почвами, а также сочетания с полугидроморфными почвами и солончаками. Верхняя часть профиля этих почв имеет солонцовое строение с дифференциацией на горизонты: надсолонцовый и солонцовый, окрашенный в сероватые тона. В нижней части профиля отмечаются признаки оглеения в виде сизых и ржавых пятен, примазок, гумусированных затеков по ходам крупных корней. Гидроморфные солонцы разделяют на подтипы: черноземно-луговые, каштаново-луговые, лугово-болотные и лугово-мерзлотные.

В зависимости от содержания обменного натрия в горизонте B_1 солонцы бывают малонатриевые (до 10 % емкости поглощения), средненатриевые (10—25 %) и многонатриевые (свыше 25 %). Они, как и солончаки, различаются по глубине залегания верхней границы солевого горизонта, по типу и степени засоления.

§ 57. Мелиорация солонцов и солонцеватых почв

Основной задачей коренного улучшения солонцов и солонцеватых почв является удаление поглощенного натрия. При этом нейтрализуется щелочность, происходит гидрофобизация и коагуляция коллоидов и в конечном итоге улучшаются физические и химические свойства почв и создаются нормальные условия для роста и развития культурных растений.

Сложность мелиорации солонцов заключается в совместном применении комплекса мелиоративных приемов: химических, направленных на вытеснение натрия из почвенного поглощающего комплекса; водных, необходимых для вымыва натрия из почвы и понижения солевых горизонтов; агротехнических, заключающихся в применении специальной обработки почвы, внесении больших доз удобрений, посеве мелиорирующих культур с мощной корневой системой.

Опыт показывает, что применение одного из названных приемов не дает должного эффекта и даже приводит к ухудшению свойств почв. Так, только одна промывка солонцов увеличивает их щелочность и приводит к осолодению. Одни химические мелиорации без удаления натрия из почвы также недостаточны, так как после них наблюдается восстановление солонцовых свойств.

Смысл химических мелиораций заключается в том, что в почве искусственно создают повышенное содержание элементов, обладающих большей энергией поглощения, чем натрий. При этом происходят обменные реакции, в результате которых натрий вытесняется из почвенного поглощающего комплекса в почвенный раствор и может быть удален промывкой. В качестве мелиорантов применяют соли $CaCl_2$, $CaSO_4$, $Al_2(SO_4)_3$, K_2SO_4, $FeSO_4$, а также минеральные кислоты (серную, азотную) и серу.

Наиболее распространенным мелиорантом является гипс ввиду доступности и относительной дешевизны. При его применении в почве происходит обменная реакция:

$$[\text{ППК}]\begin{matrix}\text{Na}\\\text{Ca}\end{matrix} + CaSO_4 \rightleftarrows [\text{ППК}]\begin{matrix}\text{Ca}\\\text{Ca}\end{matrix} + Na_2SO_4.$$

Сернокислый натрий удаляют из почвы промывкой. Доза гипса зависит от содержания натрия в почвенном поглощающем комплексе, мощности солонцового горизонта и его емкости поглощения. Рассчитать дозу гипса можно по формуле

$$G = 0{,}086\,(C_{Na} - 0{,}05E)\,HP,$$

где C_{Na} — содержание поглощенного натрия (в мэкв/100 г почвы); E — емкость поглощения солонцового горизонта (в мэкв/100 г почвы); H — мощность солонцового горизонта (в см); P — плотность этого горизонта (в г/см^3).

Эта формула предусматривает, что в результате гипсования содержание натрия в почвенном поглощающем комплексе должно быть уменьшено до 5 % емкости поглощения. Обычно на 1 га вносят от 2—3 до 15—20 т гипса. Для повышения эффективности гипсования необходимо хорошее измельчение гипса и равномерное его внесение по всему почвенному профилю. Половину дозы гипса обычно запахивают в почву, а остальную часть распределяют по поверхности и затем почву боронуют.

Наибольший эффект гипсование дает на орошаемых почвах, где после внесения гипса имеется возможность провести промывку и удалить соли натрия. Гипс понижает растворимость органических веществ, снижает их биохимическую активность, поэтому после гипсования в первый год освоения возможно даже понижение урожайности сельскохозяйственных культур. Во избежание этого необходимо вносить органические удобрения. В богарных условиях для повышения эффективности гипсования применяют снегозадержание, организуют лиманное орошение.

В качестве мелиорантов используют также хлористый кальций, сернокислое железо, шлаки. Имеется опыт применения серной кислоты, внесение которой приводит к образованию гипса в почве: $H_2SO_4 + CaCO_3 = H_2CO_3 + CaSO_4$. Углекислота также способствует вытеснению натрия из почвенного поглощающего комплекса:

$$H_2CO_3 + CaCO_3 = Ca(HCO_3)_2,$$

$$[\text{ППК}]\begin{matrix}\text{Na}\\\text{Ca}\end{matrix} + Ca(HCO_3)_2 \rightleftarrows [\text{ППК}]\begin{matrix}\text{Ca}\\\text{Ca}\end{matrix} + 2NaHCO_3.$$

В почву можно также вносить серу, которая окисляется серобактериями до серной кислоты: $2S + 3O_2 + 2H_2O = 2H_2SO_4$. Серную кислоту вносят в почву в виде слабых (до 1 %) растворов. Применение серы и серной кислоты эффективно на карбонатных солонцах.

В богарных условиях применяют так называемую мелиоративную вспашку. Она заключается в перемешивании неглубоко зале-

гающих солонцового и подстилающего гипсового горизонтов. Наиболее эффективна трехъярусная вспашка специальными плугами. Она заключается в том, что верхний гумусовый горизонт переворачивается, рыхлится и остается на поверхности, а подстилающие его солонцовый и гипсоносный горизонты перемешиваются. Вспашку проводят на глубину 45—50 см специальными плугами.

На корковых солонцах эффективна глубокая плантажная вспашка с перемешиванием всего (50—60 см) слоя почвы. Свойства почвы улучшаются также при глубоком рыхлении и щелевании.

Для мелиорации степных солонцов черноземной зоны применяют землевание. Оно заключается в том, что солонец покрывают слоем плодородной почвы толщиной 10—25 см. Это мероприятие удобно применять при комплексном почвенном покрове, когда солонцы, находящиеся в понижениях, окружены незасоленными черноземами.

§ 58. Солоди и их мелиорация

Солоди распространены преимущественно в лесостепной и степной зонах среди черноземов и серых лесных почв. Встречаются они также в зоне сухих и полупустынных степей среди каштановых и бурых почв. В основном солоди сосредоточены в западносибирской лесостепи.

Солоди приурочены к плоским слабодренированным равнинам и замкнутым понижениям. Формируются в условиях переувлажнения, имеют промывной или периодически промывной тип водного режима. Растительность влаголюбивая травянистая и древесная: осина, береза, ива.

Солоди образуются при промывании солонцов или при постоянном воздействии на незасоленные почвы слабых растворов натриевых солей. В процессе осолодения образуются легкоподвижные гумусовые вещества, которые вымываются из верхних горизонтов почвы нисходящими токами воды. Одновременно под воздействием щелочных растворов происходит частичный распад алюмосиликатной части почвы на кремнекислоту, гидроокиси железа и алюминия. Полуторные окислы выносятся в нижние горизонты, а в верхних накапливается аморфная кремнекислота. Вследствие этих процессов верхний горизонт приобретает белесую окраску, становится более легким по механическому составу, чем нижние.

Процесс осолодения верхнего горизонта сопровождается оглением нижележащих слоев. Образуются почвы, морфологически напоминающие дерново-подзолистые.

Профиль солодей имеет следующее строение:

A_1— гумусово-элювиальный осолоделый горизонт мощностью до 10—15 см, сверху покрыт лесной подстилкой или дерниной;

A_2— осолоделый горизонт мощностью 5—20 см, белесый, плитчатой или слоевато-чешуйчатой структуры, с марганцово-железистыми новообразованиями;

A_2B — переходной горизонт мощностью до 10 см, неоднородно окрашенный, темно-бурый с белесыми пятнами и потеками, уплотненный, плитчато-мелкоореховатой структуры;

B — иллювиальный горизонт мощностью около 40 см, плотный, темно-бурый или бурый, ореховато-призматической структуры;

C — почвообразующая желто-бурая порода, плотная, встречаются карбонаты.

Солоди содержат от 1,5—2 до 6—8 %, иногда до 15 % гумуса, в котором преобладают фульвокислоты. Осолоделый горизонт A_2 обеднен илом и полуторными окислами, обогащен кремнеземом; горизонт B обогащен илом и полуторными окислами. Емкость поглощения осолоделого горизонта 10—15 мэкв/100 г почвы, иллювиального горизонта — до 30—40 мэкв. Реакция почвы в верхних горизонтах от нейтральной до кислой, в нижних — слабощелочная.

В зависимости от степени увлажнения солоди делятся на подтипы лугово-степные (дерново-глееватые), луговые (дерново-глеевые) и лугово-болотные.

Мелиорация солодей заключается в укреплении коллоидного комплекса, замещении водородного иона кальцием внесением в почву $Ca(OH)_2$, больших доз навоза и других органических удобрений. Хорошие результаты дает обогащение осолоделых почв коллоидами при внесении сапропеля — озерного ила. На солодях необходимо регулирование водного режима, устранение переувлажнения. Во избежание повышения кислотности солоди не гипсуют. Хорошие результаты дает землевание солодей с последующей безотвальной вспашкой и рыхлением. Сильно осолоделые почвы целесообразно оставлять под лесом, так как их плодородие низкое и они требуют дорогостоящих мелиораций.

Глава XVI
ПОЧВЫ СУБТРОПИКОВ И ГОРНЫХ ОБЛАСТЕЙ

§ 59. Почвы влажных субтропиков

Почвообразование в зоне влажных субтропиков сопровождается глубоким разрушением минералов почвообразующих пород, выносом растворимых продуктов и образованием горизонтов, обогащенных соединениями железа и алюминия, особенно в верхних слоях. В результате эрозии и аккумуляции, а также повторных переотложений продуктов почвообразования в течение веков образуется мощная красноцветная кора выветривания. В настоящее время она является почвообразующей породой новейших почв.

Во влажных субтропиках формируются желтоземы и красноземы, встречающиеся по склонам Аджарского хребта на Черноморском побережье Кавказа (Западная Грузия, Абхазия, Аджария), а также на юго-западном побережье Каспийского моря (Азербайджан). Желтоземы и красноземы занимают в нашей стране всего лишь 0,6 млн. га. Эти почвы формируются в условиях теплого и влажного климата при средней температуре года 13—15 °С. Зима

в Закавказье мягкая, лето умеренно жаркое, осень теплая, продолжительная. В самый холодный месяц (январь) положительная средняя температура 6—7 °С, в самый теплый месяц (июль) 22—23 °С; сумма температур больше 10 °С составляет 3000—4000 °С. Относительная влажность воздуха высокая — до 90 %. Годовое количество атмосферных осадков около 1200—2500 мм, а в отдельные годы —3500 мм и более. Наибольшее количество осадков выпадает осенью и зимой, наименьшее — в мае. Вегетационный период 240—250 дней. Почвообразующей породой является красноцветная кора выветривания на туфах, изверженных и осадочных породах.

Растительность влажных субтропиков представлена широколиственными лесами колхидского типа с преобладанием бука, каштана, граба и дуба; местами встречаются клен и ольха, растут лианы. В подлеске произрастают рододендрон, лавровишня, плющ, ломонос и др.

Красноземы. В создании красноземов участвуют биохимические процессы распада алюмосиликатов под влиянием растворенного CO_2, выделяющегося при разложении органических веществ и в результате жизнедеятельности микроорганизмов. В красноземах выветривание захватывает почвообразующую породу настолько, что ряд первичных минералов подвергается глубокому разрушению с образованием вторичных минералов. Илистая фракция красноземов представлена смесью минералов каолинитовой группы (каолинит и галлуазит) и минералов полуторных окислов (гетит, гидраргиллит).

Типичные красноземы имеют кирпично-красную окраску и слабую расчлененность почвенного разреза. Распределение частиц механического состава по разрезу этих почв относительно одинаково. Лишь в оподзоленном красноземе на глубине 30—50 см намечается иллювиальный горизонт. Однако наличие вторичных глин свидетельствует не о подзолистом, а об элювиальном процессе, охватывающем красноземную почву.

Морфологические черты разреза красноземных почв следующие:

A_0— лесная подстилка мощностью 3—4 см, иногда до 10 см, нижние слои имеют торфянистый характер, цвет черный;

A_1—3—15 см, гумусово-аккумулятивный горизонт, темно-коричневый или буро-красный комковато-зернистый (зернисто-ореховатый) тяжелосуглинистый или глинистый;

B — 15—60 см серовато-красный или оранжевый однородный горизонт, творожистой структуры, несколько уплотнен. Иногда выделяются подгоризонты B_1 и B_2; B_2— буровато-красный с бледно-желтыми пятнами, плотный, комковатый, тяжелосуглинистый;

C — красный с розовыми, реже желтыми пятнами, неоднородно окрашенный горизонт, с железистыми конкрециями.

Механический состав красноземов чаще тяжелосуглинистый и даже глинистый. В красноземах содержится гумуса до 5—8 %. В его составе преобладают фульвокислоты, что делает его сходным с гумусом подзолистых почв. Сумма поглощенных оснований около

19—25 мэкв/100 г сухой почвы. В составе обменных катионов резко преобладает поглощенный алюминий и в меньшей степени водород. Поглощенных кальция и магния исключительно мало —1—4 % емкости поглощения. Эти типично для красноземов. Реакция почвенного раствора кислая, pH водной вытяжки 4,6—4,9, солевой 3,9—4,3. Вынос оснований из краснозема, накопление P_2O_3 типа гетита и гидралгиллита красноземы Аджарии сближают с латеритами.

В красноземах подзолистый процесс почвообразования сопровождается дерновым, в результате чего в верхних горизонтах почвы аккумулируется гумус до 400 т/га, что происходит при большом ежегодном растительном опаде (до 20 т/га), обеспечивая высокое поступление зольных элементов и азота (до 700 кг/га).

Красноземы дифференцируются на красноземы типичные, оподзоленные, глеевые и глееватые. Различают слабо развитые красноземы с мощностью горизонта *A* до 10 см, маломощные —10—20 см и обыкновенные — более 20 см.

Мощность гумусового горизонта хорошо окультуренных почв — 50—60 см, среднеокультуренных —30—40 см, слабоокультуренных —20—30 см.

Желтоземы. Совместно с красноземами встречаются желтоземы, которые со временем могут переходить в первые. Возможен также переход красноземов в желтоземы при значительном изменении условий почвообразования. Желтоземы формируются под широколиственными лесами во влажном субтропическом климате со средней годовой температурой около 13—15 °С и суммой атмосферных осадков 1500—2000 мм. Желтоземы образуются на глинистых отложениях, сланцах и других осадочных породах, красноземы — на изверженных основных породах (трахитах, андезитобазальтовых порфиритах) и осадочных зебровидных глинах. Различие почвообразующих пород сказывается на минералогическом составе почв и образующихся вторичных глинистых минералах.

Еще больше отличаются от красноземов желтоземно-подзолистые почвы. Они имеют ярко-желтую или палево-желтую окраску и достаточную дифференциацию почвенного разреза на генетические горизонты. В желтоземно-подзолистых почвах на глинистых породах четко выражены признаки оподзоливания. Мощность оподзоленного горизонта A_2 достигает местами 45—60 см и более. В разрезе под горизонтом A_2 в горизонте *B* мощностью до 1 м и более много крупных ортштейновых зерен.

Желтоземы менее интенсивно окрашены, так как в них содержится меньше полуторных окисей железа и алюминия. Они несут более выраженные признаки оподзоливания. Почвенный слой в природных условиях составляет 30—70 см и более, четко дифференцирован на следующие генетические горизонты:

A_0 — лесная подстилка;

A_1 — гумусовый, серовато-палевый, комковатый или комковато-ореховатый, уплотненный суглинистый;

A_2 — буровато-палевый с желтоватым оттенком, уплотненный, оподзоленный;

B — светло-желтый с железистомарганцовыми пятнами, комковато-призмовидный, уплотненный, иллювиальный;

C — неоднородно окрашенная желтовато-оранжевая с железистомарганцевыми конкрециями почвообразующая порода, затронутая почвообразованием.

Желтоземы дифференцируются на четыре типа: обыкновенные, подзолисто-желтоземные, желтоземно-глеевые, подзолисто-желтоземно-глеевые. Желтоземы обыкновенные распространены на склонах в предгорьях, подзолисто-желтоземные почвы — в низких предгорьях. Они характеризуются временным — периодическим переувлажнением. Профиль хорошо дифференцируется на генетические горизонты. Отчетливо выражены признаки оподзоливания и поверхностного оглеения (50 см и более). Иллювиальные горизонты обогащены полуторными окисями и илистой фракцией; реакция кислая.

Желтоземно-глеевые почвы развиваются у подножия гор при избыточном увлажнении и подразделяются на глееватые и собственно глеевые. Подзолисто-желтоземно-глеевые почвы формируются в условиях наиболее повышенного увлажнения и отличаются наиболее четкой оглеенностью. Все желтоземы характеризуются высоким содержанием SiO_2. Они содержат гумуса 4—5 %, иногда значительно больше (10 %), азота 0,2—0,4 %; pH —5—6. Физические свойства этих почв не всегда благоприятны; они нуждаются в коренном улучшении.

Сельскохозяйственное использование красноземов и желтоземов. Красноземы и желтоземы по плодородию можно считать вполне удовлетворительными почвами. Теплый и влажный климат благоприятствует выращиванию ценных (чайный куст, цитрусовые, эфиромасличные, табак и др.) культур. Но кислая реакция и обилие окислов алюминия и железа обусловливают сильное связывание фосфорной кислоты в недоступные формы фосфатов железа и алюминия. Поэтому требуются повышенные нормы фосфатных удобрений, лучше в виде фосфоритной муки и томасшлака. Известкование не всегда дает положительный эффект, тем более что для некоторых культур, например для чайного куста, требуется слабокислая реакция. Высокоэффективны на этих почвах азотно-фосфорные и органические удобрения, а также сидерация (соя, белый люпин и др.). Удобрения способствуют ускорению процесса окультуривания почв.

В зоне распространения красноземов и желтоземов возможно проявление ветровой и водной эрозии. Поэтому там необходимо применять террасирование склонов, бороздование и шпалерную посадку чайного куста, создавать буферные и лесные полосы и проводить другие противоэрозионные мероприятия.

§ 60. Почвы сухих субтропиков

Серо-коричневые почвы распространены в зоне сухих субтропических степей (Кура-Араксинская низменность в Азербайджане и Малая Азия). Площадь их составляет 2,3 млн. га, или 0,1 % тер-

ритории СССР. Эти почвы характеризуются относительно повышенным содержанием гумуса (1,5—4,5 %) и мощным гумусовым горизонтом (80—100 см) с коричневатым оттенком и ореховато-комковатой структурой. У них отчетливо выражено оглинение в иллювиальном горизонте, где иловатая фракция механического состава составляет 20—40 % против 13—30 % в почвообразующей породе. Эти почвы характеризуются относительно высокой емкостью поглощения (20—35 мэкв/100 г почвы), слабощелочной реакцией, плотность их 1,3—1,4 г/см^3, плотность твердой фазы 2,65—2,7 г/см^3, пористость 45—50 %. Светлые серо-коричневые почвы формируются в более ксерофитных (засушливых) условиях. Они вскипают с поверхности, менее гумусированы; генетические горизонты слабо дифференцированы, карбонатный иллювий выражен сравнительно слабо. Нижние горизонты этих почв нередко засолены. Количество водорастворимых солей в горизонте *C* достигает 0,3 % и более. Сумма поглощенных оснований 20—25 мэкв/100 г почвы, из них обменного Ca 80—85 %, Mg 6—8 %, Na 7—9 %. Значительное содержание поглощенного натрия указывает на некоторую солонцеватость этих почв. Почвы относительно обеспечены подвижными формами азотного и зольного питания.

Серо-коричневые почвы формируются под ксерофитной травянистой и кустарниковой растительностью в субтропическом климате, с короткой зимой и длинным сухим летом. Сумма температур более 10 °С составляет 4000—4200 °С. Невысокое содержание осветленного гумуса объясняется активной минерализацией органических веществ. Оглинение в средней части профиля объясняется процессами внутрипочвенного выветривания.

Серо-коричневые почвы делятся на темные, обыкновенные, светлые.

Темные серо-коричневые почвы содержат до 3—4,5 % гумуса. Особенности профиля: горизонт $A+B$ достигает мощности около 50 см; на глубине 60—80 см фиксируется горизонт B_k (карбонатный). Средняя часть профиля уплотнена. Водорастворимых солей содержится около 0,1 %, pH 7, книзу щелочность возрастает. Емкость поглощения в горизонте *A* около 30 мэкв/100 г почвы. Обыкновенные серо-коричневые почвы имеют мощность гумусовых горизонтов около 35—45 см. Гумуса в горизонте *A* содержится 2—3 %. Емкость поглощения 25—30 мэкв/100 г почвы. Светлые серо-коричневые почвы содержат гумуса 1,5—2 %. Они характеризуются повышенным содержанием легкорастворимых солей и недостаточно благоприятным водным режимом. Емкость поглощения —20—25 мэкв/100 г почвы.

В Восточном Закавказье и в Крыму распространены коричневые почвы, отличающиеся от серо-коричневых более отчетливыми признаками оглеения в средней части профиля.

На серо-коричневых и коричневых почвах выращивают такие ценные сельскохозяйственные культуры, как зерновые, виноград, хлопчатник, айва, инжир, гранат, грецкий орех. При орошении и

внесении минеральных и органических удобрений повышается плодородие этих почв, благодаря чему возрастает урожайность субтропических культур.

§ 61. Почвы горных областей

Горные почвы нашей страны занимают обширные территории в Восточной Сибири, на Дальнем Востоке, на Кавказе, в Крыму, в Средней Азии и на Саяно-Алтае. Площадь этих почв составляет 652 млн. га, или 29,3 % территории СССР. Почвы горных областей очень разнообразны и представлены горно-тундровыми (166 млн. га), горно-подзолистыми, мерзлотно-таежными и серыми лесными (398 млн. га), горными бурыми лесными (19 млн. га), горными степными и пустынными — горные черноземы, каштановые, коричневые, сероземы (41 млн. га), выходы горных пород (1 млн. га). Значительная часть горных почв занята лесами и кустарниками (383 млн. га), оленьими пастбищами (136 млн. га), сенокосами и пастбищами (51 млн. га). Пашня, огороды и сады занимают 9 млн. га, или 1,3 % всех горных почв.

Горные области характеризуются сложными природными условиями, вследствие чего условия почвообразования в горах значительно многообразнее, чем на равнине. На равнине почвообразующими породами являются преимущественно осадочные породы и продукты их переотложения. В горах же почвообразующие породы часто представлены массивно-кристаллическими изверженными породами и продуктами их разрушения на месте. По условиям рельефа и в результате денудации в горных областях широко распространены щебенчатые, хрящеватые почвообразующие породы и скелетные почвы.

В горах в связи со сложностью форм поверхности сильно варьируют микроклиматические и биологические условия почвообразования. В горных областях действие различных факторов почвообразования проявляется в наиболее резкой форме. В горах на почвообразование сильно влияют рельефные условия, состав и свойства почвообразующих пород, которые определяют развитие горной растительности и почв. Там отмечаются такие особенности рельефа и климата, каких нет на равнине. Поэтому в горах образуются почвы, аналогов которым нет в горизонтальных зонах (например, горно-луговые почвы под альпийскими лугами или буроземы — горно-лесные почвы, занимающие на склонах гор особые зоны).

У подножия гор обнаруживаются почвы, соответствующие горизонтальным почвенным зонам, в пределах которых расположены горы. Так, у подножия Кавказских гор такие же сероземы, как и на побережье Каспийского моря. Поднимаясь вверх по склонам Кавказских гор, можно наблюдать, как сероземы сменяются поясом горно-степных, каштановых и черноземных почв. Еще выше следуют горно-лесные почвы, образующиеся под широколиственными (дубовыми и буковыми) лесами. Затем идет пояс горно-лесных подзолистых почв под хвойными лесами. На высоте более 2000 м дре-

весная растительность исчезает. Появляются субальпийские луга с горно-луговыми почвами. Далее на более высоких отметках выступают обнаженные скалы, которые выше покрыты вечными снегами и льдами.

Вертикальные зоны отчетливее выражены в предгорной и нижней частях гор. Затем с высотой картина осложняется, так как выше некоторой отметки в горах падение температуры и возрастание влажности идут в зависимости от местных условий. Большое значение приобретает географическое положение, а также геологическое и геоморфологическое строение.

Особенность распространения почв в горных районах заключается в том, что вверх от подзолистых почв в горы лежит зона не тундровых, а высокогорных (альпийских) лугов и луговых почв. Подзолистая зона вниз по склону может переходить в черноземную или даже каштановую.

Горные почвы значительно отличаются от почв равнин. Так, горные подзолы относительно слабо выщелочены и носят примитивный характер, недостаточно дифференцированы на генетические горизонты и обычно лишены иллювия. Это малоразвитые молодые почвы. Горные черноземы не имеют мощного профиля, не вскипают от HCl, отличаются рыхлым сложением и буроватым цветом от побуревших корешков, густо пронизывающих почву и не гумифицирующихся нацело. Вследствие плоскостной и линейной эрозии и аккумуляции на склонах процессы гумификации и выщелачивания ослаблены. Оподзоливание в горах далеко не идет, в то же время сопровождается накоплением торфоподобных масс. Каштановые и бурые почвы в горах отличаются от равнинных более рыхлым сложением, менее мощным гумусовым горизонтом и резкой границей гумусового горизонта с нижележащими безгумусовыми. Глубина вскипания почвы от кислоты зависит от местных условий рельефа, инфильтрации и испарения почвенной влаги.

Горно-луговые почвы Кавказа формируются под растительностью субальпийских лугов с мощным травостоем. Различают дерновые насыщенные горно-луговые почвы на продуктах выветривания осадочных пород и дерновые горно-луговые слабонасыщенные (темноцветные) на продуктах выветривания кислых изверженных, метаморфических и некарбонатных осадочных пород.

Под зарослями кавказского рододендрона распространены высокогорные лугово-лесные почвы с коричнево-черным торфянистым горизонтом мощностью до 8 см. Ниже залегает ярко-коричневый дерновый горизонт A_1 (7—8 см) с кремнеземистой присыпкой. Горизонт A_2 светло-коричневый, горизонт B гумусово-иллювиальный, вниз переходит в каменистые продукты выветривания горных пород.

Под растительностью разнотравных луговых и сухих степей развиваются горные черноземы, образующие подтипы, аналогичные равнинным. Затем встречаются каштановые и бурые почвы. Все горные почвы в нижних горизонтах скелетные.

В горах Забайкалья широко распространены горно-таежные

почвы, развивающиеся в зоне многолетней мерзлоты. Они делятся на длительно мерзлые и мерзлотные с выраженной криогенной (мерзлотной) деформацией.

В Восточной Сибири распространены горно-таежные ожелезненные почвы с большим содержанием подвижных форм железа в поверхностных горизонтах и равномерным распределением илистой фракции без кремнеземистой присыпки в поверхностных горизонтах. Эти почвы формируются в своеобразных горно-таежных условиях почвообразования — движения почвенных растворов между поверхностным и нижележащими горизонтами почвы при слабом промывании и вымораживании воды.

Из горных почв буроземы имеют наиболее отличительные признаки и свойства. Образуются они в умеренно теплом и умеренно влажном климате с теплой зимой и годовым количеством атмосферных осадков около 700—1000 мм под широколиственными лесами, реже под хвойными (пихтовыми). Они встречаются в горной части Крыма, на Кавказе, Урале, юге Дальнего Востока, в горах Памира и Тянь-Шаня. Площадь, занимаемая бурыми почвами, больше 10 млн. га.

Бурые горно-лесные почвы содержат значительное количество гумуса (3—8,5 %). О переходном характере буроземов и некотором приближении их к оподзоленным почвам свидетельствуют фульвокислоты, несколько превосходящие по количеству группу гуминовых кислот, в которой преобладает ульминовая кислота. Гуминовая кислота в основном прочно связана с минеральной частью почв (с полуторaокислами).

Буроземы отличаются некоторой ненасыщенностью почвенного поглощающего комплекса, но обладают достаточно высокой емкостью обмена, особенно в верхнем горизонте. Кислотность буроземов, по-видимому, обязана подвижному алюминию. Бурая окраска почв связана с образованием в почве вторичных ферросиликатов. Буроземы не относятся к почвам оподзоленного ряда. Однако при смене широколиственного леса на хвойный (еловый) буроземы заметно оподзоливаются, а содержание гумуса снижается до 5—6 %. Буроземы южного склона Кавказа, не насыщенные основаниями, по свойствам приближаются к краснозем ам, а буроземы северного склона, насыщенные основаниями,— к серым лесным почвам. На буроземах можно получать высокие урожаи ценных субтропических культур (чай, виноград, эфиромасличные и др.).

В горных областях местами распространены вулканические горно-лесные почвы, формирующиеся на вулканических супесчаных и суглинистых наносах. Эти почвы могут быть различных типов почвообразования.

Сельскохозяйственное использование горных почв имеет свои особенности. Высокогорные альпийские луга используют как продуктивные пастбища. На них возделывают виноград, цитрусовые, чайный куст, плодовые и технические культуры. На горных пустынных почвах ведется богарное и орошаемое земледелие с применением органических и минеральных удобрений, на промываемых поч-

вах — с известкованием, а на щелочных — с гипсованием. Большое внимание уделяется борьбе с эрозией почв и селевыми потоками.

Приемы окультуривания и мелиорации почв в горных областях отличны от таковых на равнинных территориях. В горах важно тщательно оберегать почвы от разрушения и охранять природную растительность от истребления. Важнейшим мероприятием по охране горных почв является упорядочение пастбищного хозяйства и растениеводства со строгим приурочиванием их к особенностям климата и рельефа. Агромелиоративные, лесомелиоративные и гидротехнические мероприятия должны быть приспособлены к горным условиям.

Глава XVII
ПОЙМЫ И ПОЙМЕННЫЕ ПОЧВЫ

Пойменные (аллювиальные) почвы распространены во всех природных зонах страны. Площадь их превышает 57 млн. га, или более 2,5 % территории СССР.

§ 62. Пойма и ее элементы

Поймой называется часть речной долины, которая периодически затапливается паводковыми водами при разливах рек. Она является полосой новейшей суши, формирующейся в результате эрозионно-аккумулятивной деятельности водных потоков. Аллювиальные почвы образуются также в озерных поймах, в приморских дельтах рек и в приморских низменностях, в районах конусов выноса, образованных временными водотоками.

Поймы наиболее распространены в Западной Сибири. В низовьях Оби и Лены ширина поймы достигает 40—50 км. Ширина Волго-Ахтубинской поймы составляет 35 км. Большие поймы образовались по Амуру, Енисею (в среднем течении), Днепру, Оке, Северной Двине, Печоре, Сырдарье и другим рекам.

Поймы создаются турбулентными русловым и пойменным потоками, переносящими взвешенные и растворенные вещества. Движение этих потоков всегда криволинейно, в связи с чем возникает поперечная циркуляция, обусловливающая своеобразие форм поверхности и отложений в русле и пойме.

Водный поток вследствие поперечной циркуляции размывает определенные части русла; отложение аллювия происходит в других частях. Это приводит к смещению (меандрированию) русла. В таких условиях сочетается глубинная и боковая эрозии, влияющие на форму русла и характер отложений. Русловые отложения обычно залегают черепицеобразно, в виде линз, с общим наклоном в сторону устойчивого смещения мигрирующего русла (рис. 40).

Горизонтальная миграция русл, вызванная винтообразным характером потока, имеет большое значение. Она сильно влияет на обстановку на пойме, режим грунтовых вод. Горизонтальное смещение русла в ту или иную сторону неизбежно сопровождается

Рис. 40. Русловые косослоистые аллювиальные отложения трехфазной поймы.

изменением гидрологического режима поймы. С удалением русла от массива поймы уровень грунтовых вод вдали от русла повышается, вследствие чего изменяется водный и солевой режим почв, вплоть до их заболачивания и засоления. На режим грунтовых вод влияет изменение глубины русла.

В пойме в период паводков взаимодействуют два потока: русловой и пойменный. Водному потоку в пойме, так же как и в русле, свойственна поперечная циркуляция, вызывающая эрозию и аккумуляцию аллювия. Сбойное и донное течение в пойме в период паводка приводит к некоторой эрозии в пониженной части поймы и аккумуляции в прирусловье. Многократно повторяющаяся эрозия обусловливает образование значительных понижений в пойме включительно до формирования озерных ванн и притеррасных котловин. Водный поток в период разливов обусловливает отложение пойменного аллювия, который перекрывает ранее сформированные осадки и нивелирует поверхность.

Механический состав пойменных отложений от русла к периферии закономерно изменяется. Пески прирусловых областей поймы постепенно переходят в суглинки и глины периферийных частей поймы. Но эта закономерность нередко нарушается поперечной циркуляцией второстепенных водных потоков, развивающихся в пойме, с чем связано также образование неровностей поверхности поймы.

Пойменные отложения состоят из двухъярусного аллювиального комплекса осадков. Песчаные и песчано-галечниковые русловые отложения обычно составляют первый нижний ярус аллювиальных осадков. Вторым, верхним, ярусом лежат пойменные обычно суглинистые и глинистые отложния, располагающиеся более или менее горизонтально. Двухъярусность аллювия связана с двумя тактами аллювиального процесса: меженным и паводковым (рис. 41).

Двухъярусность аллювиального комплекса отчетливо прослеживается в сторону не только поймы, но и речных террас (рис. 42).

Общая мощность аллювиального комплекса отложений определяется высотной амплитудой от наибольшего разлива полых вод до наибольшей глубины эрозионного врезания водных потоков (50 м и более), из них мощность собственно пойменных наносов, например Оки, достигает 6—7 м, Москвы-реки в нижнем течении —

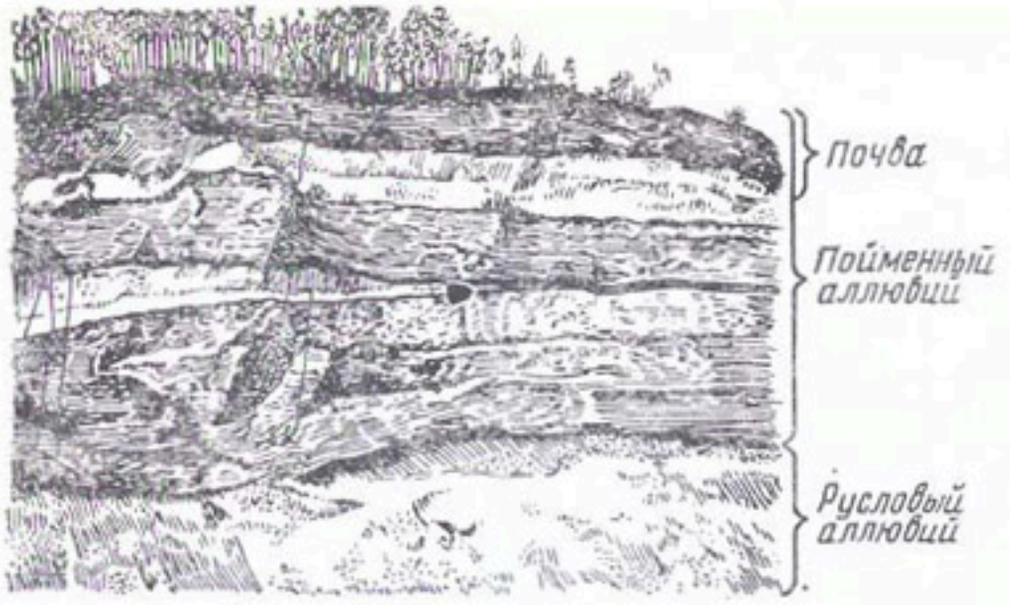


Рис. 41. Пойменные почвы и аллювиальный комплекс.

4—5 м, Амура в среднем течении —9—10 м, Волги в нижнем течении —7—8 м, Нила —10—18 м.

Участки поймы делятся на сегменты. В пойме, где водный поток смещается в одну сторону и подмывает только один берег, формируется лишь один намываемый (аккумулятивный) сегмент поймы, прогрессивно растущий по площади. Такой массив поймы, формирующийся вслед за смещающимся руслом, представляет так называемый прогрессивный сегмент однофазной поймы. Затем, если водный поток начнет смещаться в противоположную сторону, ранее сформированный прогрессивный сегмент превращается в размываемый эродируемый — регрессивный (рис. 43), а вслед за этим (вторым) смещением русла формируется новый прогрессивный сегмент. Пойма в этом случае вступает во вторую фазу развития, т. е. возникает двухфазная — двусторонняя пойма. Когда водный поток в третий раз изменит направление устойчивой миграции в противоположную сторону, то снова формируется новейший прогрессивный сегмент третьей фазы, следуя за размыванием бывшего прогрессивного сегмента второй пойменной фазы. Так возникают сегменты первой, второй и третьей стадии и формируется трехфазная пойма. Подобным же образом создаются многофазные поймы.

В пойменных расширениях прогрессивные сегменты по предложению В. Р. Вильямса подразделяют на три части: прирусловая, центральная и притеррасная пойма (рис. 44).

Прирусловая пойма испытывает воздействие больших скоростей при размыве. Ей свойственны наиболее крупные песчаные отложения, высокие отметки поверхности и короткий период затопления. Близость русла создает хорошие условия для дренирования. На прирусловой пойме формируются слаборазвитые песчаные и супесчаные почвы с растянутым почвенным профилем.

Центральная пойма характеризуется наибольшей шириной. Из-за отдаленности от русла скорости течения полых вод там небольшие, благодаря чему происходит отложение пылеватых и иловатых

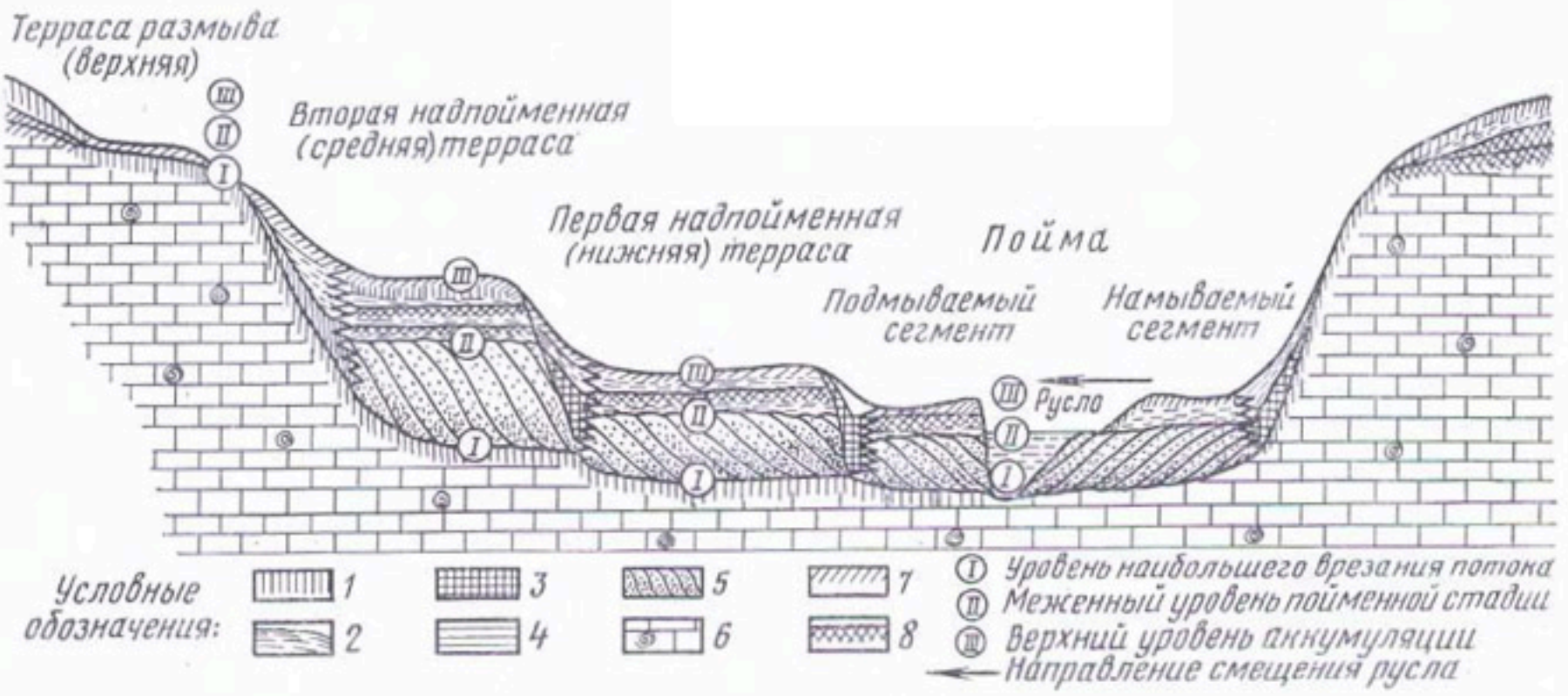


Рис. 42. Схема строения речной долины:

1 — элювий; *2* — делювий; *3* — коллювий; *4* — пойменный аллювий; *5* — русловой аллювий; *6* — коренная порода; *7* — современная почва; *8* — ископаемая почва.

Рис. 43. Подмываемый берег (регрессивный сегмент поймы).

частиц. Характер отложений зависит не только от скорости течения, но и от характера паводка, состояния поверхности водосборной площади. В лесной зоне половодье более спокойно (с медленным нарастанием и убыванием), полые воды содержат преимущественно тонкие частицы. Образуется однородный по профилю суглинистый или глинистый пойменный наилок. В степной зоне разливы рек более бурные. Из-за распаханности водосборов в полой воде содержится больше наилка разнообразного состава. В первый период половодья откладываются более крупные частицы, в конце — более тонкие; образуется слоистый наилок.

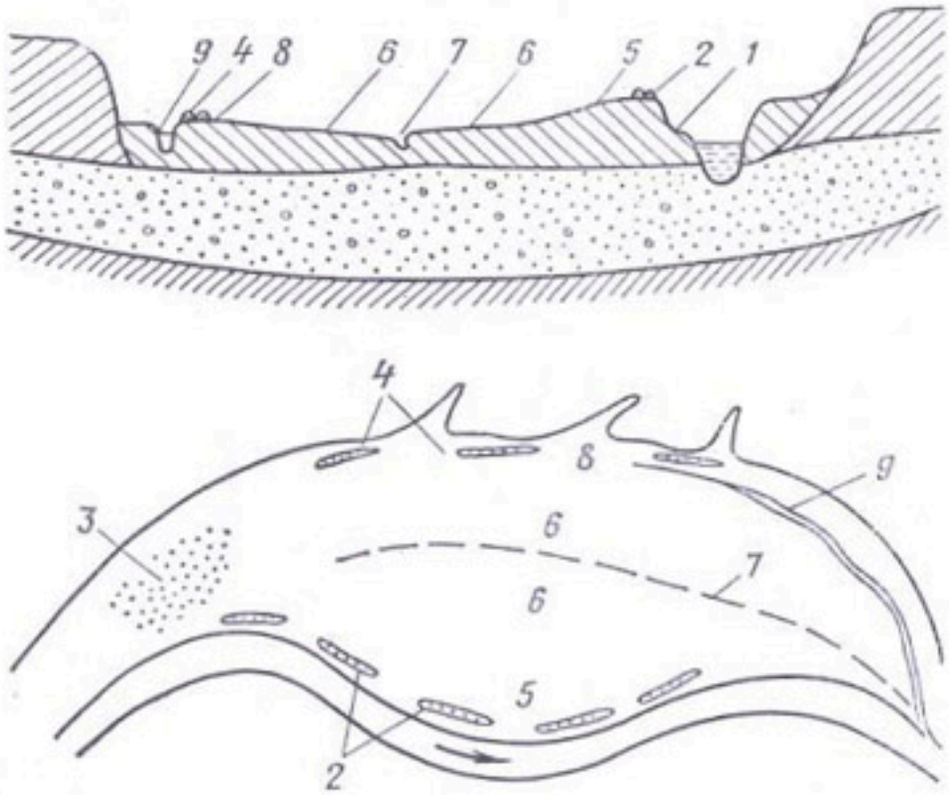


Рис. 44. Схема строения поймы (по В. Р. Вильямсу):

1 — бечевник; *2* — прирусловые дюны; *3* — область наибольшего скопления песка; *4* — притеррасные дюны; *5* — прирусловая пойма; *6* — центральная пойма; *7* — водоток (тальвег) центральной поймы; *8* — притеррасная пойма; *9* — притеррасная речка.

Поверхность центральной поймы понижена по сравнению с прирусловой, в ее середине часто формируется тальвег. Ближе к прирусловой пойме встречаются серповидные гривы. Центральная пойма позже освобождается от затопления.

Дренированность центральной поймы хуже, поэтому грунтовые воды залегают неглубоко. Замедленность стекания поверхностных вод, наличие понижений, малые глубины грунтовых вод приводят к переувлажнению почв.

Притеррасная пойма наиболее удалена от русла, часто имеет самые низкие отметки поверхности. Глубина и продолжительность затопления этой поймы наибольшие, скорости течения полых вод незначительны. На ней отлагается самый тонкий наилок. Притеррасная пойма формируется при смешанных условиях водного питания: аллювиальном, склоновом (делювиальном) и в условиях значительного притока напорных и безнапорных грунтовых вод. В притеррасной пойме часто встречаются низинные пойменные болота, образовавшиеся при зарастании стариц и пойменных озер. В целом притеррасная пойма наиболее переувлажненная, аллювиальные отложения глинистого механического состава.

Естественная растительность пойм очень разнообразна. Состав растительного покрова зависит как от зональных природных условий, так и от водного режима, формирующегося на пойме, т. е. от сроков и продолжительности затопления, глубины грунтовых вод. По продолжительности затопления различают поймы с коротким затоплением (до 7 сут), средним (7—15 сут), продолжительным (15—30 сут) и очень продолжительным (свыше 30 сут).

Основной тип растительности в пойме — луговые злаковые травы. Наиболее богат и разнообразен травяной покров в центральной пойме. Там произрастают ценные в кормовом отношении костер безостый, тимофеевка луговая, лисохвост, овсяница луговая, пырей ползучий, мятлик луговой, клевер, вика и др. Луга центральной поймы при соответствующем уходе, включая и удобрения, дают по 40—50 ц ценного сена с 1 га и более.

На повышенных элементах поймы, на гривах, в прирусловой части травяной покров менее богат и изрежен. В понижениях из-за переувлажнения и длительного затопления произрастают менее ценные травы, дающие грубое сено: щучка, канареечник, осоки, мхи.

В поймах широко представлена древесная и кустарниковая растительность. В таежно-лесной зоне — это ель, пихта, сосна, береза, осина, различные ивы; в лесостепной и степной зонах — дуб, вяз, клен, ива, тополь, осокорь; в притеррасной пойме часто произрастает черная ольха. В полупустынной и пустынной зонах в пойме формируются тугайные изреженные леса, состоящие из тополя, шелковицы, ивы, лоха, саксаула, тамарикса и др.

§ 63. Почвообразование в поймах

Пойменные (аллювиальные) почвы существенно отличаются от внепойменных почв данной зоны, так как они формируются под

влиянием дополнительного мощного фактора почвообразования — деятельности переменного во времени водного потока. За счет полых вод в пойме происходит ежегодная влагозарядка почв, подкормка растений элементами питания, полезное отепление на севере и заметное охлаждение на юге. Все это благоприятствует развитию богатой пойменной растительности, которая является не менее важным фактором почвообразования. Полая вода, задерживаясь в бессточных понижениях, частично обусловливает снижение нитрификации и приводит к заболачиванию почв. Однако заболачивание в пойме идет менее интенсивно вследствие того, что полая вода обогащена кислородом и сдерживает восстановительные процессы. В пойменных почвах, в широком диапазоне распространения их с севера на юг, pH колеблется в относительно узких пределах, приближаясь к 7. Инфильтрация полых вод обусловливает промывание пойменных почв. Но в районах интенсивного испарения наблюдается аккумулирование солей в поверхностных горизонтах.

Пойменные почвы в отличие от других формируются одновременно с почвообразующими породами. Пойменный аллювий не требует длительной подготовительной стадии выветривания. Он уже содержит доступные элементы питания растений и обладает плодородием. Химические анализы пойменных наносов показывают значительное содержание в них органических веществ, азота и зольных элементов питания растений.

В пойменных условиях на новейших наносах под луговой травянистой растительностью почвы формируются сравнительно быстро, достигая относительно высокого развития в течение нескольких десятилетий.

Обычно в поймах одновременно образуются почвы лугового и болотного типов почвообразования, которые могут переходить один в другой. В некоторых поймах развиваются и лесные почвы. В любой пойме проявляется влияние зональных условий почвообразования и тем сильнее, чем более ослаблено влияние поемности, т. е. чем меньше продолжительность затопления и слабее эрозионно-аккумулятивная деятельность потоков.

Пойменные почвы разных природных зон значительно меньше различаются между собой, чем внепойменные почвы тех же зон. Сближение пойменных почв разных зон объясняется особенностями водного режима, благоприятствующего развитию почв дерново-лугового типа. Благодаря этому дерновый тип почвообразования в пойме выходит далеко за пределы дерново-подзолистой и черноземной зон. На юге он заходит в область полупустыни, что связано с дополнительным увлажнением и снижением щелочности при ежегодном промывании пойменных почв.

Продвижение дернового почвообразования по долинам рек на север объясняется утепляющим действием полых вод, содержащих различные растворенные соли. Последние коагулируют коллоиды, содержащиеся в полых водах и в почвах, насыщают почвы основаниями. Карбонаты, приносимые полой водой, усредняют реакцию почвенных растворов.

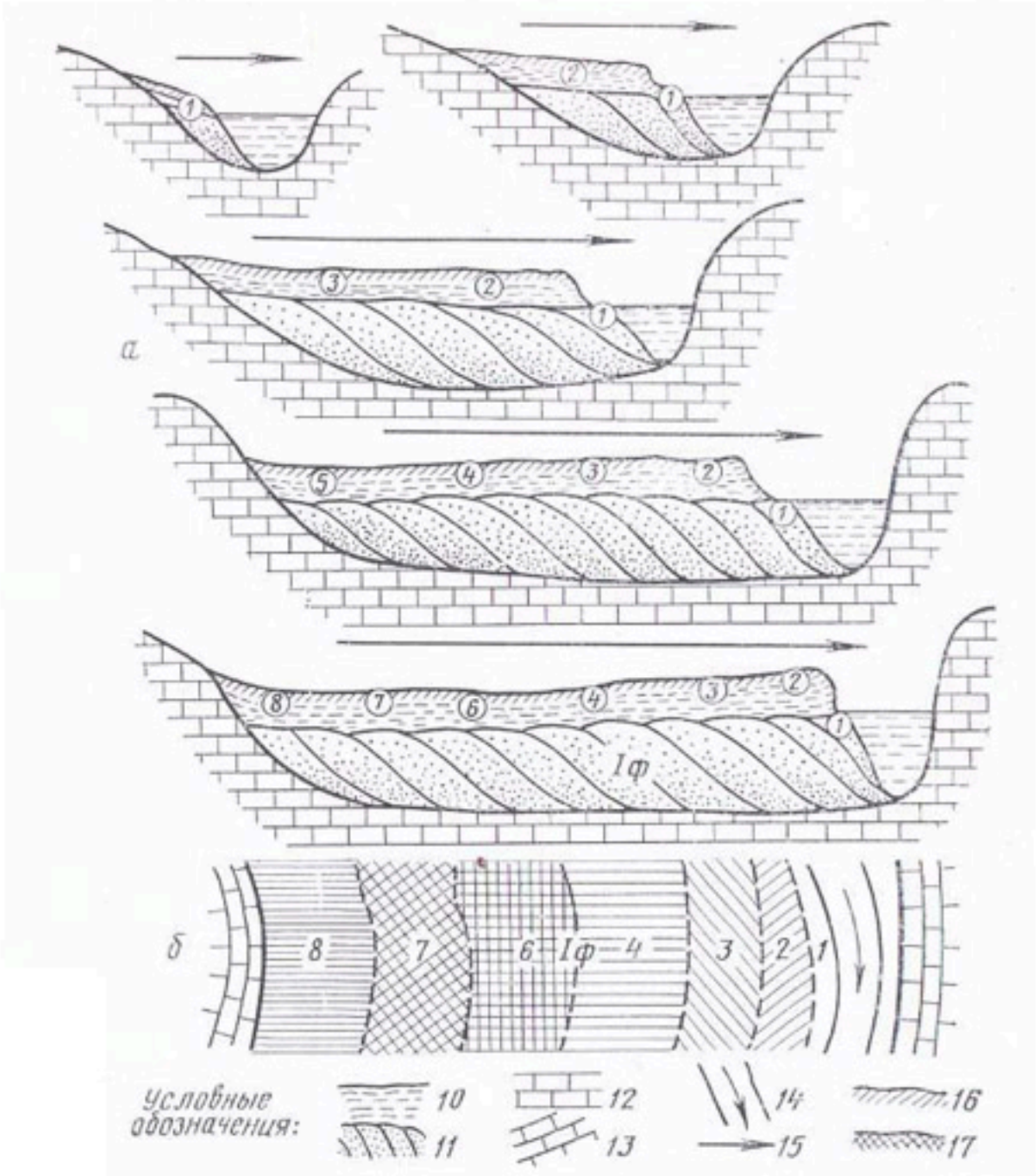


Рис. 45. Этапы формирования однофазной поймы и пойменных почв при одностороннем смещении русла и устойчивом положении базиса эрозии:

1 — новейший аллювий и аллювиально-аккумулятивные почвы; *2* — аллювиальные дерновые; *3* — аллювиальные луговые слоистые; *4* — аллювиальные луговые слоисто-зернистые; *5* — аллювиальные болотные; *6* — аллювиальные луговые зернистые; *7* — аллювиальные дерновые слитые; *8* — аллювиальные болотные иловато-глеевые; *9* — почвы террас; *10* — пойменный аллювий; *11* — русловой аллювий; *12* — коренная порода; *13* — бровка берега; *14* — русло; *15* — направление смещения русла; *16* — современная почва; *17* — ископаемая почва; *ф* — фаза формирования поймы; *а* — пойма в разрезе; *б* — пойма в плане.

В прогрессивных сегментах пойм прослеживается последовательный переход от молодых прирусловых малосформированных аллювиальных дерновых почв сначала к слоистым, затем к зернистым луговым и далее к болотным почвам притеррасных частей поймы. Малосформированные аллювиальные дерновые почвы образуются обычно в непосредственной близости к руслу на новейших легких, обильно накопляющихся пойменных наносах. С удалением русла и увеличением площади прогрессивного сегмента поймы на базе малосформированных аллювиальных дерновых почв постепенно формируются слоистые луговые почвы более тяжелого меха-

нического состава. Это утяжеление происходит за счет наилка и частичной суффозии суспензий.

Вследствие отхода русла и аккумуляции илистых наносов на основе легкосуглинистых слоистых почв образуются сначала суглинистые зернисто-слоистые, а затем и глинистые зернистые луговые почвы. За относительно длительный период мигрирующее русло успевает удалиться на значительное расстояние от мест первоначального образования малосформированных почв и где после стадии слоистых почв развиваются глинистые луговые зернистые (рис. 45). Относительный возраст почв этих полос будет тем больше, чем дальше они отстоят от русла, если пойменный режим в сегменте резко не нарушается поперечной циркуляцией или эрозионно-аккумулятивной деятельностью водных потоков внутрипойменной сети.

Переход слоистых пойменных почв в зернистые связан с аллювиальными процессами. Длительно протекающая, но умеренная аккумуляция пойменных наносов (ежегодно в количестве нескольких тонн на гектар—слоем до 1 мм и более) не нарушает процесса формирования почв на основе предшествующих стадий. Илистые наносы вместе с инфильтрующейся водой частично проникают вниз, утяжеляя механический состав почв и сглаживая их слоистость. Но, несмотря на это, иллювиальный горизонт пойменных почв почти не выражен даже у хорошо сформированных аллювиальных луговых зернистых почв. Формированию иллювия не благоприятствует также дерновый горизонт аллювиальных луговых почв, умеряющий инфильтрацию, и уменьшенная миграция коллоидов.

В аллювиальных почвах зоны полупустыни и пустыни солевой иллювий также нерезко выражен. В центральной пойме этой зоны нередко развиты темноцветные сильно уплотненные слитые почвы, иногда с относительно повышенным содержанием магния и вторичных глинистых минералов (монтмориллонит, нонтронит и др.). Слитые пойменные почвы формируются в чередующихся условиях увлажнения в период разливов и последующего сильного иссушения. Эти почвы наиболее распространены и отчетливо выражены в резко засушливых районах.

В регрессивных сегментах пойм развитие почв идет к обновленным аллювиальным луговым. Такой ход формирования почв происходит в размываемом сегменте на сокращающемся по площади пойменном массиве. Впереди наступающего русла, на поверхности сохраняющейся части размываемого массива поймы, аккумулируются новейшие пойменные наносы, обновляющие старые почвы, вплоть до смены и полного перекрытия одних другими. Тяжелые почвы предшествующих стадий почвообразования оказываются погребенными под новейшими наносами более легкого механического состава. На последних обычно успевают формироваться молодые почвы нового, верхнего, яруса пойменного аллювия и нового ряда аллювиальных почв (рис. 46). Этот переход совершается более ускоренно в прирусловой части и замедленно на периферии сегмента, вдали от наступающего русла.

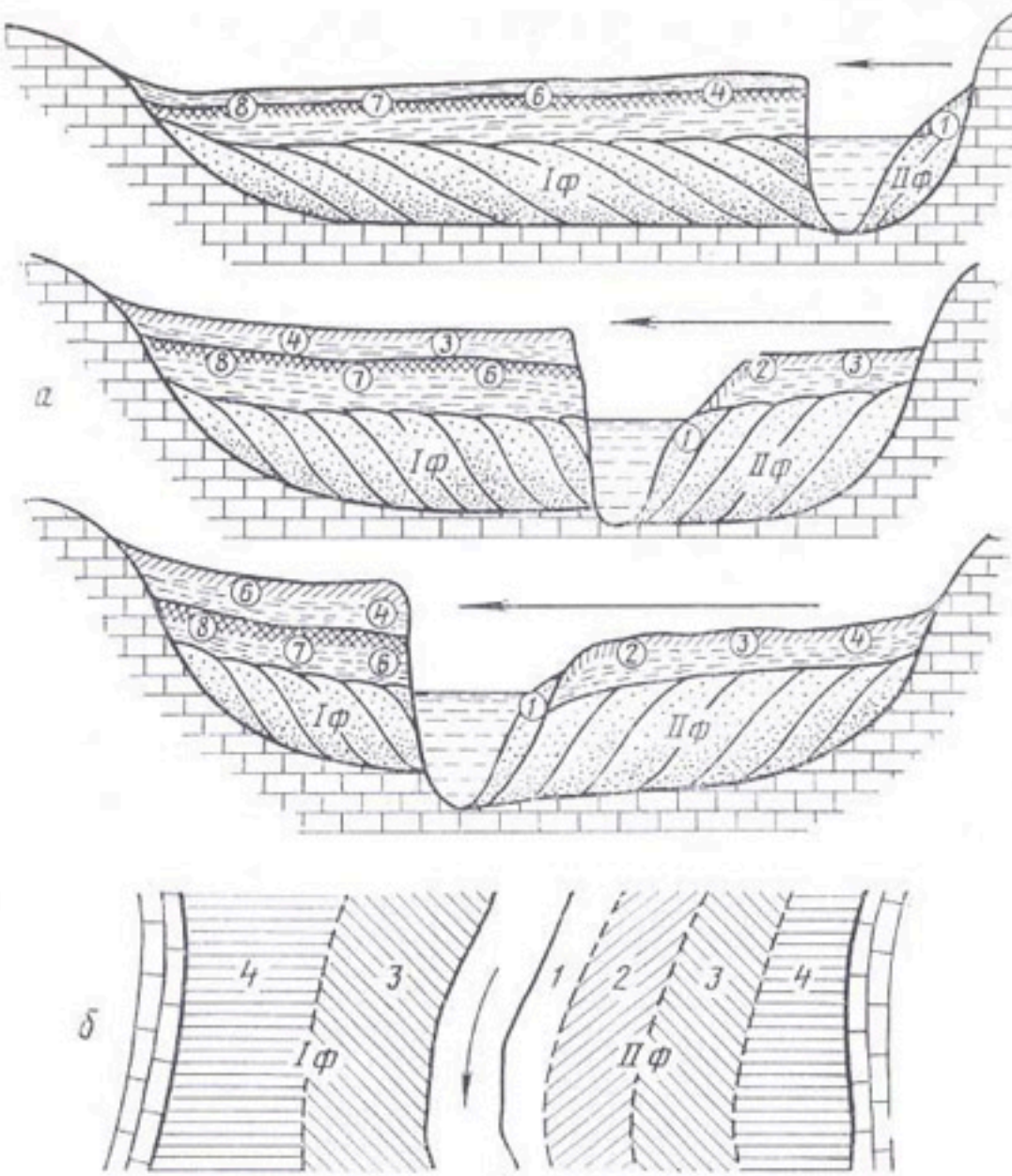


Рис. 46. Формирование двухфазной поймы и пойменных почв (условные обозначения см. рис. 45).

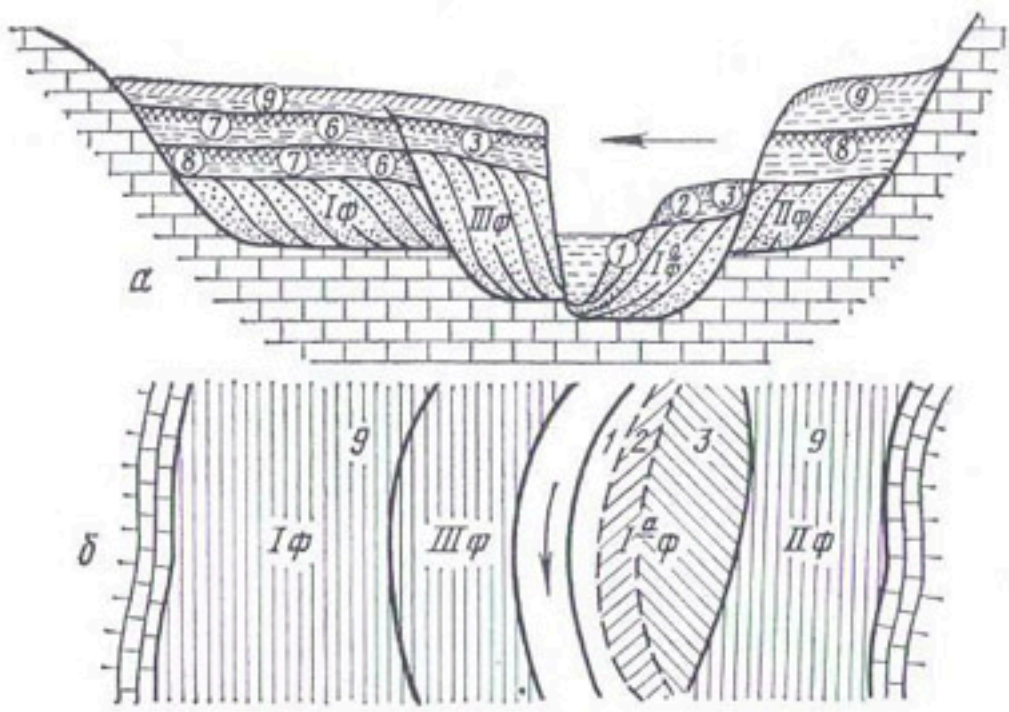


Рис. 47. Формирование трехфазной поймы и пойменных почв (условные обозначения см. рис. 45).

В регрессивном (размываемом) сегменте, таким образом, наблюдается значительно большее разнообразие почв, чем в прогрессивно растущем намываемом сегменте. Встречаются старые почвы с наносным горизонтом мощностью до 50 см и молодые почвы верхнего яруса на новейших наносах мощностью более 50 см, которые перекрывают старые почвы предшествующей фазы развития поймы (рис. 47).

С переходом поймы в надпойменную террасу почвы последовательно приближаются к зональным. Такие почвы с возрастом усиленно деградируют, оподзоливаясь под лесом на севере или, уплотняясь, теряют гумус и засоляются на юге.

§ 64. Классификация и характеристика аллювиальных почв

Классификация аллювиальных почв осложняется тем, что их происхождение и развитие зависят от зональных и азональных условий. Они формируются во всех почвенно-биоклиматических поясах, и это обстоятельство накладывает существенный отпечаток на аллювиальный почвообразовательный процесс. Наиболее распространены три типа аллювиальных почв: дерновые, луговые и болотные. Свойства этих почв и деление на подтипы зависят от того, в каком почвенно-биоклиматическом поясе или в какой почвенно-биоклиматической области и почвенной зоне они образовались.

В таблице 34 приведены типы и подтипы аллювиальных почв.

Аллювиальные почвы таежно-лесной области представлены кислыми дерновыми и луговыми, а также болотными почвами.

Аллювиальные дерновые почвы имеют следующие горизонты:

$A_д$ — дернина, серая или буровато-серая, с непрочной комковатой структурой, густо переплетена корнями;

A_1 — гумусовый, мощностью (в зависимости от подтипов) 3—20 см, серый, непрочно-комковатый;

B — переходный, слоистый, без признаков иллювиальности;

C—$Д$ — аллювий различного механического состава, слоистый.

Эти почвы характерны низким содержанием гумуса и азота, кислой реакцией среды. Формируются они под разнотравными лугами, кустарниками и прирусловыми лесами. Слоистые примитивные и слоистые образуются в прирусловой пойме, а также в центральной пойме, в местах с большими скоростями течения полых вод. Собственно дерновые почвы имеют зернистую или комковато-зернистую структуру и формируются в центральной пойме на возвышенных элементах, где отсутствует переувлажнение из-за небольших глубин грунтовых вод. Это наиболее ценные и плодородные почвы: содержание гумуса 5—10 %, реакция слабокислая. На самых высоких элементах поймы, редко затапливаемых полыми водами, распространены оподзоленные дерновые почвы, с меньшим содержанием гумуса, с кислой реакцией и с признаками оподзоливания.

34. **Классификация пойменных** (аллювиальных) **почв**

Почвенно-биоклиматические области или почвенные зоны	Типы почв	Подтип почв
Таежно-лесная область	Аллювиальные дерновые кислые	Слоистые примитивные
		Слоистые
		Собственно аллювиальные дерновые кислые
		Оподзоленные
	Аллювиальные луговые кислые	Слоистые примитивные
		Слоистые
		Собственно аллювиальные луговые кислые
	Аллювиальные болотные	Аллювиальные иловато-глеевые
		Аллювиальные иловато-торфяно-глеевые
		Аллювиальные иловато-торфяные
Буроземно-лесная область	Аллювиальные дерновые	Слоистые примитивные
		Слоистые
		Собственно аллювиальные дерновые
		Аллювиальные дерново-буроземные
	Аллювиальные луговые	Слоистые примитивные
		Слоистые
		Собственно аллювиальные луговые
	Аллювиальные болотные	Иловато-глеевые
		Иловато-торфяно-глеевые
Центральная лесостепная и степная область	Аллювиальные дерновые насыщенные	Слоистые примитивные
		Слоистые
		Собственно аллювиальные дерново-насыщенные
		Остепняющиеся
	Аллювиальные луговые насыщенные	Слоистые примитивные
		Слоистые
		Собственно аллювиальные луговые насыщенные
		Темноцветные
	Аллювиальные лугово-болотные	Собственно аллювиальные лугово-болотные
		Оторфованные
	Аллювиальные болотные иловато-перегнойно-глеевые	Иловато-глеевые
		Перегнойно-глеевые
Пустынно-степная и пустынная зоны	Аллювиальные пустынно-луговые	Слоистые пустынно-луговые почвы низкой поймы
		Пустынно-луговые почвы центральной поймы
		Пустынно-луговатые почвы высокой поймы
	Аллювиальные лугово-болотные почвы полупустынь и пустынь	Собственно аллювиальные лугово-болотные
		Аллювиальные лугово-болотные оторфованные

Продолжение

Почвенно-биоклиматические области или почвенные зоны	Типы почв	Подтип почв
Предгорно-пустынно-степная зона	Аллювиальные луговые карбонатные	Слоистые Тугайные Собственно аллювиальные луговые карбонатные
	Аллювиальные лугово-болотные	
Субтропическая умеренно теплая ксерофитно-лесная область	Аллювиальные дерновые	Карбонатные слоистые примитивные Карбонатные слоистые Карбонатные
	Аллювиальные луговые	Карбонатные слоистые Карбонатные
	Аллювиальные болотные	Перегнойно-глеевые Иловато-торфяно-глеевые
Субтропическая умеренно теплая влажно-лесная область	Аллювиальные дерновые	Слоистые примитивные Слоистые Собственно аллювиальные дерновые
	Аллювиальные луговые	Слоистые примитивные Слоистые Собственно аллювиальные луговые
	Аллювиальные болотные	Перегнойно-глеевые Иловато-торфяно-глеевые Иловато-торфяные

Аллювиальные луговые почвы области имеют следующие горизонты:

A_d — дернина, мощностью 3—5 см, плотная, с множеством корней;

A_1 — гумусовый, мощностью 30—50 см, темно-серый, зернистой структуры, тяжелого механического состава;

B_1 — переходный, бурых тонов, без признаков иллювиальности, с пятнами оглеения и ожелезнения;

B — глеевый, голубовато-сизых тонов, бесструктурный, суглинистый, иногда слоистый;

$C—G$ — слоистый аллювий, оглеенный, иногда с прослойками торфа.

Это кислые почвы, pH среды увеличивается от 4 до 6—7, в зависимости от зональных условий. Луговые почвы образуются под травянистой луговой растительностью в центральной части поймы, на границе с прирусловой поймой, на их свойства оказывает влияние близость уровня грунтовых вод, приводящая к переувлажнению нижней части профиля. В зависимости от режима поемности (продолжительности и сроков затопления) и скоростей течения полых вод они могут быть примитивными (слаборазвитыми, слоистыми) и хорошо развитыми с зернистой структурой.

Аллювиальные болотные почвы области образуются в понижен-

ных элементах центральной и, чаще всего, притеррасной поймы. Для них характерно сочетание болотного процесса почвообразования с пойменным. Последний оказывает влияние такими факторами, как длительное затопление полыми водами и заиление профиля почв осаждающимися в половодье глинистыми частицами. В зависимости от разного сочетания болотного и пойменного процессов почвообразования, преобладания грунтового, склонового или аллювиального типа водного питания аллювиальные болотные почвы подразделяются на иловато-глеевые, практически не содержащие торфа, иловато-торфяно-глеевые с торфяным горизонтом мощностью 30—50 см и иловато-торфяные с торфяным горизонтом (50—100 см и более). Торфяная масса этих почв заилена, оглеена, содержит ржаво-охристые пятна и примазки. В нижней части профиля торфяный горизонт подстилается глеевым горизонтом, постепенно переходящим в почвообразующую породу, как правило, глинистого или суглинистого механического состава.

Содержание гумуса в аллювиальных болотных почвах довольно высокое (5—20 %), реакция среды кислая или слабокислая. Эти почвы хорошо обеспечены азотом, но бедны подвижными соединениями фосфора и калия.

Аллювиальные почвы буроземно-лесной области в целом менее кислые, больше насыщены основаниями, содержат несколько меньше гумуса, чем аллювиальные почвы таежно-лесной области.

Аллювиальные почвы центральной лесостепной и степной области отличаются от вышеописанных более мощным гумусовым профилем, большой насыщенностью основаниями, карбонатностью, а в южной более засушливой части области и засолением. Так, аллювиальные дерновые почвы формируются в условиях кратковременного увлажнения паводковыми водами, при глубоких грунтовых водах. Основной источник влаги этих почв — атмосферные осадки. Расположены они на повышенных элементах поймы, на высоких островах, в дельтах рек и конусах выноса временных водотоков. Растительность — разнотравно-мятликовая пырейная, вейниковая, широколиственная древесная. Гумуса в них содержится сравнительно немного (1,5—8 %), реакция близкая к нейтральной, насыщены основаниями.

Луговые почвы этой области приурочены к понижениям прирусловой поймы, к плоским равнинным участкам, пологим гривам и межгривным понижениям центральной поймы. Формируются в условиях спокойного длительного ежегодного затопления полыми водами. На водный режим этих почв влияют неглубоко залегающие грунтовые воды, подпитывающие почвенный горизонт влагой. Растительность луговая разнотравно-злаковая, иногда кустарниковые заросли ветлы и ивы.

Профиль этих почв следующий:

$A_д$ — дернина, мощностью 3—5 см, довольно плотная;

A — гумусовый горизонт, мощностью до 40—60 см, темно-серый, различного механического состава, зернистой или комковатой структуры;

B_1 — переходный горизонт, бурый с сизыми и ржавыми пятнами;

B_g — глеевый горизонт, серовато- или грязно-сизый, со ржавыми пятнами, бесструктурный, чаще суглинистый, может быть слоистым;

C—D — слоистый оглеенный аллювий.

Эти почвы содержат много гумуса (до 14 %), реакция их нейтральная, степень насыщенности основаниями высокая.

В условиях длительного поверхностного и грунтового увлажнения на тяжелосуглинистом и глинистом аллювии формируются аллювиальные лугово-болотные почвы под болотно-луговой травянистой растительностью. Они имеют более мощную дернину, гумусовый горизонт у них оглеен.

Аллювиальные болотные почвы этой области также приурочены к глубоким понижениям центральной и притеррасной поймы, к зарастающим старицам, озерам, протокам.

Аллювиальные почвы пустынно-степной и пустынной зон характерны солончаковатостью из-за медленного, но постоянного накопления солей в грунтовых водах и в почвенном профиле. В притеррасной части пойм этих зон часто встречаются засоленные разновидности болотных почв в результате воздействия выклинивающихся минерализованных грунтовых вод.

Аллювиальные почвы предгорно-пустынно-степной зоны формируются на разнородных по механическому составу отложениях. Профиль луговых карбонатных почв слабо дифференцирован на генетические горизонты, гумусовый горизонт светло-серый или серый, с признаками оглеения. В центральной пойме развиты тугайные почвы. В понижениях пойм имеются лугово-болотные почвы с оглеенным гумусовым горизонтом и отчетливым глеевым горизонтом, гумуса содержат до 4—6 %.

Аллювиальные почвы влажных и полусухих субтропиков распространены в основном на Кавказе и в Крыму и занимают незначительную площадь. Эти почвы сформировались как на речных, так и на прибрежных морских отложениях. Значительная часть их засолена. Субтропические аллювиальные почвы представлены дерновыми, луговыми и болотными, оглеенными почвами.

§ 65. Сельскохозяйственное использование и мелиорация аллювиальных почв

Поймы с большим разнообразием аллювиальных почв являются одной из наиболее ценных составляющих земельного фонда страны. В естественных условиях это важнейшая кормовая база для животноводства. Богатая растительность, представленная злаковыми и бобовыми многолетними травами, обладающими хорошими кормовыми качествами, дает высококачественное сено и служит высокопродуктивными пастбищами. Высокая продуктивность этих угодий объясняется плодородными почвами, ежегодной их влагозарядкой и обогащением минеральным наилком при разливах рек.

Издавна поймы рек, особенно вблизи крупных населенных пунктов, используются для выращивания овощных культур, чему, в частности, способствует близость источников воды для орошения. В последнее время отдельные участки поймы распахивают для выращивания кормовых корнеплодов, картофеля и других ценных культур.

Вместе с тем пойменные (аллювиальные) почвы, как и другие, нуждаются в мероприятиях по их сохранению и в коренных мелиорациях. Естественные луга и пастбища, размещенные в основном в центральной пойме, требуют постоянного ухода, заключающегося в очистке угодий от мусора, приносимого полыми водами, от кустарника, в защите от заноса песком при бурных разливах. Эти угодья нуждаются в минеральных удобрениях. Одним из способов их внесения является разбрасывание с самолетов на последней стадии затопления в конце половодья на влажную почву.

Эффективными мероприятиями являются улучшение состава травостоя, увеличение в его составе бобовых и рыхлокустовых злаков. Это достигается подсевом трав, омоложением травостоя. Последнее заключается в усиленном рыхлении дернины фрезами или дисковыми боронами, что способствует угнетению роста плотнокустовых непродуктивных злаковых трав и интенсивному отрастанию более ценных корневищных и рыхлокустовых злаков (тимофеевка луговая, овсяница луговая, пырей ползучий и др.). Фрезерование одновременно улучшает водно-воздушный режим, ускоряет минерализацию органического вещества и вместе с удобрениями и известкованием кислых почв резко увеличивает урожайность лугов и пастбищ.

Для сохранения продуктивности травостоев большое значение имеет регулирование пастьбы скота, в том числе загонная система выпаса, запрещение пастьбы сразу после схода полых вод во избежание разрушения дернины, образования кочек и вытаптывания трав.

При распашке пойменных земель самое серьезное внимание необходимо обращать на недопущение водной эрозии, т. е. смыва почвы в период половодий. Поэтому отбору участков для распашки обязательно должны предшествовать изыскания с целью определения скоростей течения полых вод. Исследованиями установлено, что во избежание смыва почвы скорости течения не должны превышать 0,20—0,25 м/с. Эти значения относятся к суглинистым и тяжелосуглинистым почвам центральной поймы. Для легких песчаных и супесчаных почв прируслового поймы критические неразмывающие скорости меньше. В связи с этим нельзя распахивать участки, близко расположенные к основным водотокам, места входа полых вод на пойменные расширения, места их выхода, гривистые участки, днища ложбин и тальвегов, где в период половодья сосредоточиваются водные потоки.

Большое значение на поймах приобретают защитные мероприятия в виде древесно-кустарниковых насаждений вдоль берегов рек, в местах с большими скоростями течения на пойме.

Коренными мелиорациями аллювиальных почв прежде всего

являются водные, заключающиеся в регулировании сроков и продолжительности затопления, ускорении схода полых вод, регулировании глубин грунтовых вод, защите от интенсивного притока поверхностных и грунтовых (в том числе и напорных) вод с прилегающих внепойменных террас и водоразделов и, наконец, в искусственном орошении. Все эти работы в настоящее время проводятся в широких масштабах.

При регулировании сроков и продолжительности затопления необходимо иметь в виду его благоприятное воздействие на почвы, заключающиеся во влагозарядке, отеплении в северных районах и обогащении почв плодородным наилком. Поэтому, сокращая неблагоприятные последствия длительного затопления, необходимо максимально сохранять положительное его влияние. Это достигается обвалованием русла или увеличением его пропускной способности, но с сохранением затопления поймы в допустимые сроки. Для этого строят дамбы, допускающие перелив через их гребень, устраивают в них шлюзы; в отдельных случаях строят насосные станции, откачивающие воду с обвалованных участков для своевременного начала вегетации растений и весенних полевых работ.

Эффективными являются сравнительно простые инженерные мероприятия по ускорению стока полых вод с замкнутых понижений, межгривных впадин. Для этого в последнее время вместо неглубоких каналов, стесняющих использование земель, применяют искусственные ложбины с пологими засеваемыми откосами.

Более капитальные работы проводят при осушении заболоченных участков поймы, обычно в притеррасной ее части. Там необходим интенсивный дренаж для нормированного понижения уровня грунтовых вод, перехват потока грунтовых и грунто-напорных вод, а также каналы, ограждающие участки от притока поверхностных вод. На тяжелых по механическому составу аллювиальных болотных почвах эффективен кротовый дренаж в сочетании с каналами и трубчатым дренажем. Кротовый дренаж, заложенный в устойчивых грунтах, ускоряет осушение почв весной, способствует лучшей их аэрации.

Орошение наиболее эффективно на легких почвах хорошо дренированной прируслової поймы при выращивании овощных культур. Наиболее распространенным способом орошения в поймах является дождевание.

Гидромелиоративные работы в пойме необходимо сочетать с культуртехническими работами, мероприятиями по улучшению почвенного профиля, химическими мелиорациями и агротехническими приемами. Часто нужны работы по расчистке поверхности от кустарника, мелколесья, удалению пней. Требуют больших затрат такие работы, как разделка дернины, уничтожение кочек, планировка поверхности. Пойменные почвы часто слоисты, что ухудшает их свойства. Поэтому эффективны, особенно на болотных почвах притеррасья, глубокие вспашка и рыхление, перемешивание оторфованных, оглеенных и песчаных слоев.

Кислые аллювиальные почвы нуждаются в известковании. По-

всеместно осушенные почвы хорошо отзываются на внесение органических и минеральных удобрений. Агротехнические работы на поймах должны проводиться с учетом особенностей их водного режима, весеннего затопления. Большое значение имеет правильный подбор сортов культур, возделываемых на поймах.

Грандиозное гидротехническое строительство на равнинных реках европейской части страны, создание каскадов водохранилищ на Волге, Днепре, Дону, Днестре, Каме привело к утрате миллионов гектаров ценнейших пойменных земель. Так, только зона мелководий этих водохранилищ составляет свыше 1 млн. га. Эти земли, затапливаемые в отдельные периоды года на глубину не более 2 м, практически не могут быть использованы; возникает проблема их обвалования и интенсивного осушения. Почвообразование на этих землях серьезно нарушено, в связи с чем требуются дорогостоящие работы по восстановлению их плодородия.

Значительно ухудшается водный режим пойменных земель в нижних бьефах гидроузлов равнинных рек из-за коренного изменения режима затопления. Так, зимние попуски из водохранилищ приводят к обледенению пойменных земель и к задержке вегетации трав. Сокращение расходов рек весной и в начале лета приводит к уменьшению сроков затопления пойм, их иссушению и деградации аллювиальных почв. В таежно-лесной зоне развивается оподзоливание, в южных районах — остепнение и засоление. Для устранения этих явлений необходимо регулирование попусков из водохранилищ с учетом сохранения пойменных почв, в том числе сокращение зимних расходов, увеличение расходов рек весной для обеспечения затопления пойм.

МЕЛИОРАТИВНАЯ ОЦЕНКА И ОКУЛЬТУРИВАНИЕ ПОЧВ. ЭРОЗИЯ И ОХРАНА ПОЧВ

Глава XVIII
ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ СССР И ПОЧВЕННО-МЕЛИОРАТИВНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

§ 66. Земельные ресурсы СССР и их использование

Наша страна располагает огромными земельными ресурсами. Из общей площади 2227 млн. га в сельском хозяйстве используется около 610 млн. га, т. е. меньше одной трети, не считая оленьих пастбищ в тундровой зоне. Степень использования земель в разных зонах различна в зависимости от природных, экономических и производственных условий. Наиболее полно используются земли в сельском хозяйстве на территории европейской части страны и в отдельных районах Сибири и Средней Азии; мало освоены таежно-лесная, полупустынная и пустынная зоны (табл. 35).

Первая агроклиматическая область почв южных субтропиков и предсубтропических районов пригодна для выращивания позднеспелых и субтропических культур. Длинный вегетационный период (более 210 дней) и сумма среднесуточных температур выше 10 °С 3600—4000 °С позволяют получать полные вторые урожаи растений. Площадь этой области составляет около 3 % территории СССР. Почвы нуждаются в охране от эрозии и в орошении.

Вторая агроклиматическая область почв, среднеобеспеченных теплом, развивается в суббореальном климатическом поясе и занимает около 29 % территории СССР. Из них примерно 20 % составляют неудобные и малоудобные для земледелия земли — горные почвы, пески, солончаки, такыры. Вегетационный период 120—210 дней, сумма температур выше 10 °С составляет 2000—3600 °С. Почвы этой области делятся на обеспеченные, недостаточно обеспеченные и не обеспеченные влагой.

Третья агроклиматическая область почв южной и средней части бореального пояса получает тепла недостаточно. Вегетационный период 90—100 дней, сумма температур выше 10 °С составляет 1200—2000 °С. Общая площадь несколько превышает 20 % территории СССР. Почвы недостаточно освоены. Имеются значительные участки земель для развития земледелия. Наиболее продуктивны дерново-карбонатные почвы, но они требуют частичной уборки камней. Около 230 млн. га находится под дерново-подзолистыми и подзолистыми почвами, на 30 % занятыми лесами. Кислые почвы требуют известкования и внесения больших доз органических и минеральных удобрений. При высокой агротехнике на них получают хорошие урожаи. Тепловой режим этих почв зависит от глуби-

35. **Площади почв СССР по агроклиматическим областям и агромелиоративным группам** (по Н. Н. Розову)

Почвы	Площадь (в млн. га)	Агромелиоративные группы	Возможность и условия использования
I. Хорошо обеспеченная теплом область (субтропические и предсубтропические районы)			
Красноземы и желтоземы	0,6	1	Можно использовать без коренных улучшений
Коричневые	0,7	2	Нуждаются в частичном орошении
Серо-коричневые	1,4	3	Нуждаются в орошении
Сероземы	27,2	4	Нуждаются в постоянном орошении
Серо-бурые	5,6	5	Требуют промывки
Лугово-сероземные	5,7	5	Частично требуют промывки
Солончаки	1,0	5	Требуют промывки
Пойменные субтропические	1,8	6	Подвержены регулярным паводкам
Горные желтоземы	0,1	7	Горные леса
» коричневые	7,6	7	» »
» сероземы	4,9	8	Горные пастбища
Пески	10,1	9	Подвержены интенсивному развеванию
Всего	66,7		
II. Средне обеспеченная теплом область (суббореальный пояс)			
Бурые лесные, включая лугово-черноземовидные Приамурья	45,3	1	Можно использовать без коренных улучшений
Серые лесные	60,7	1	То же
Черноземы оподзоленные, выщелоченные и типичные	67,3	1	»
Черноземы обыкновенные и южные	86,5	2	Нуждаются в накоплении влаги и частичном орошении
Темно-каштановые и каштановые	40,8	2	То же
Лугово-черноземные и лугово-каштановые (большей частью солонцеватые, включая солоди)	21,1	3	Требуют частично противосолонцовых мелиораций в сочетании с влагонакоплением при орошении
Черноземы солонцеватые	9,2	3	То же
Темно-каштановые и каштановые солонцеватые и их комплексы с солонцами	19,1	3	» »
Солонцы черноземные	5,7	3	Требуют противосолонцовых мелиораций в сочетании с влагонакоплением при орошении
» каштановые	5,0	3	То же
Светло-каштановые и бурые полупустынные (включая лугово-бурые)	44,9	4	Нуждаются в постоянном орошении
Серо-бурые пустынные (включая такыровидные)	23,1	4	То же

Продолжение

Почвы	Площадь (в млн. га)	Агромелиоративные группы	Возможность и условия использования
Светло-каштановые и бурые солонцеватые и их комплексы с солонцами	44,4	5	Требуют противосолонцовых и других мелиораций в сочетании с орошением
Серо-бурые гипсоносные	34,5	5	То же
Солонцы пустынные	25,0	5	»
Солончаки	15,6	6	Требуют противосолончаковых и противотакырных мелиораций в сочетании с орошением
Такыры	1,7	6	
Пойменные лесостепной и степной зоны	17,5	7	Подвержены регулярным паводкам
Пойменные пустынной зоны	5,4	7	То же
Горные бурые лесные (включая горные дерново-карбонатные)	20,3	8	Горные леса
Горные серые лесные	16,2	8	» »
» черноземы	10,5	9	Горные пастбища
» каштановые	12,7	9	» »
Пески	52,1	10	Подвержены развеванию
Всего	684,6		
III. Недостаточно обеспеченная теплом область (южная и средняя часть бореального пояса)			
Дерново-карбонатные	4,2	1	Можно использовать без коренных улучшений
Дерново-подзолистые	155,6	2	Нуждаются в известковании
Подзолистые	74,5	3	Нуждаются в осушении и сопутствующих мелиорациях
Болотно-подзолистые (южной и средней тайги)	54,6	3	То же
Болотные южной и средней тайги и болотные лесостепные	57,1	3	Нуждаются в осушении и сопутствующих мелиорациях
Пойменные южной и средней тайги	19,1	4	Подвержены регулярным паводкам
Горные дерново-подзолистые	40,8	5	Горные леса
Всего	405,9		
IV. Мало обеспеченная теплом область (северная часть бореального пояса)			
Подзолистые иллювиально-гумусовые (включая вулканические почвы Камчатки)	32,9	1	Нуждаются в известковании и агротехническом регулировании водного и теплового режимов
Глееподзолистые	37,2	2	Частично нуждаются в осушении
Болотно-подзолистые	32,5		То же
Болотные северной тайги	27,4		Полностью нуждаются в осушении

Продолжение

Почвы	Площадь (в млн. га)	Агромелиоративные группы	Возможность и условия использования
Мерзлотно-таежные северной тайги	85,0	3	Требуют тепловых мелиораций
Мерзлотно-таежные	119,3		То же
Пойменные северной тайги	9,0	4	Подвержены регулярным паводкам
Горные подзолистые средней тайги	60,0	5	Горные леса
Всего	403,3		
V. Не обеспеченная теплом область (полярный пояс и высокогорные районы)			
Арктические и тундрово-арктические	51,7	1	Равнинные пастбища
Тундровые глеевые	105,9	1	» »
Болотные тундровые	18,1	1	» »
Пойменные »	3,6	2	Подвержены регулярным паводкам
Горно-луговые и горно-луговостепные	25,8	3	Горные пастбища
Высокогорные пустынные Памира	5,1	3	» »
Горно-тундровые	167,5	3	» »
Горные вулканические Камчатки	9,3	4	Горные леса (малопродуктивные)
Горные подзолистые северной тайги	120,0	4	То же
Горные мерзлотно-таежные	150,0	4	»
Выходы плотных горных пород	0,9	5	—
Ледники и вечные снега	9,0	5	—
Всего	666,9		

ны зимнего промерзания. Значительные площади (около 112 млн. га) нуждаются в осушении. Из них 55 млн. га заболоченных подзолистых почв и около 57 млн. га болот являются фондом мелиоративного освоения. Пойменные почвы области заняты лугами. Около 40 млн. га составляют горные дерново-подзолистые почвы, покрытые лесами.

Четвертая агроклиматическая область мало обеспечена теплом. Вегетационный период 60—90 дней, сумма температур выше 10 °С 800—1200 °С. Эта область занимает около 18 % территории СССР. Третью часть области составляют горные и болотные почвы. Освоение почв очень низкое.

Пятая агроклиматическая область почв не обеспечена теплом. Вегетационный период менее 60 дней с суммой температур выше 10 °С меньше 800 °С. Занимает более 30 % территории СССР. Гор-

но-луговые, горно-лугово-степные и высокогорные почвы Памира являются ценными кормовыми угодьями. К кормовым угодьям относятся и обширные площади тундровых и арктических почв. Горно-подзолистые, горные вулканические почвы Камчатки и горно-мерзлотные почвы заняты малопродуктивными лесами.

Из данных таблицы 35 видно, что только незначительную часть почв страны можно использовать в сельском хозяйстве без коренных улучшений. Многие почвы, занимающие громадные территории, требуют коренных мелиораций.

§ 67. Почвенно-мелиоративные изыскания

Объектом мелиоративных работ является почва. Поэтому от изученности почв зависит правильный выбор мелиоративных мероприятий, эффективность мелиоративных систем, окупаемость больших затрат на улучшение почв, повышение их плодородия и рост урожайности сельскохозяйственных культур.

Почвенные изыскания для целей мелиорации имеют много особенностей, они обязательно должны проводиться в комплексе с другими исследованиями: топографическими, геоморфологическими, гидрогеологическими, инженерно-геологическими, ботаническими и др.

Почвенно-мелиоративные изыскания выполняют для получения характеристики почвенного покрова, ботанических и культуртехнических особенностей территории для определения потребности в мелиорациях и обоснования мелиоративных и агротехнических мероприятий, направленных на повышение плодородия почв, урожайности, составления прогноза изменения почвенно-мелиоративных условий района, строительства мелиоративных объектов при их сооружении и эксплуатации, а также выбора первоочередных объектов мелиоративного строительства.

Почвенно-мелиоративные изыскания для проектов включают следующие работы: рекогносцировочные почвенные изыскания, почвенно-мелиоративную, солевую и ботанико-культуртехническую съемки, изучение водных и физических свойств почв, промываемости засоленных почв (солеотдачи), водного и солевого режимов почв на опытных участках.

Организация и планирование почвенно-мелиоративных исследований на объектах мелиоративного строительства начинаются с разработки программ и смет.

В программе почвенно-мелиоративных изысканий кратко описывают местоположение и природные особенности объекта, излагают цели и задачи исследований, дают характеристику имеющегося материала и его качественную оценку. По результатам общей рекогносцировки обосновывают масштаб и площадь съемки, объемы намечаемых работ, методику исследований, сроки выполнения работ, определяют состав материалов, представляемых в результате изысканий. К программе прилагают обзорную карту района с указанием объекта исследования и картограммы изученности.

Программа изысканий должна обеспечить требуемую полноту изучения объекта для обоснования соответствующей стадии проектирования с наименьшими затратами средств и времени за счет сбора всех имеющихся материалов изысканий прошлых лет, максимального их использования. В отдельных случаях предусматривают проверку имеющегося материала обследованием или специальными полевыми и камеральными работами.

При почвенно-мелиоративных исследованиях основное внимание уделяют изучению морфологии, физических и химических свойств почв, почвообразующих и подстилающих пород в пределах верхней двухметровой толщи. Характеристика грунтов глубже 2 м дается при инженерно-геологических изысканиях.

Ботанические изыскания выполняют параллельно с почвенно-мелиоративными. На территории объекта изучают основные растительные группировки (ассоциации), их продуктивность, хозяйственную ценность. Эти изыскания выполняют главным образом на тех объектах, где необходимо поверхностное улучшение луговых или пастбищных угодий. На объектах орошения ботанические изыскания выполняют самостоятельно только при необходимости определения величины транспирации, для расчетов существующего водного баланса или установления дешифровочных признаков при использовании материалов аэрофотосъемки.

Культуртехнические изыскания выявляют особенности поверхности объекта мелиорации — залесенность, закустаренность, пнистость, наличие камней и т. д.

Почвенно-мелиоративное обоснование схем генерального плана разрабатывают на основе обобщения материалов предшествующих съемок в тех случаях, когда точность и содержание их, установленные при рекогносцировке, отвечают требованиям программы и задачам схемы, а почвенные карты полностью охватывают площадь. При отсутствии материалов изысканий необходимого масштаба или в случае несоответствия содержания имеющихся материалов требованиям схемы осуществляют частичную или сплошную почвенно-мелиоративную съемку в масштабе 1 : 50 000.

Давность материалов изысканий прошлых лет ввиду изменчивости увлажненности и засоленности почвенного покрова во времени и особенно под воздействием гидротехнических и агротехнических мероприятий не должна превышать для земель, не подвергавшихся мелиоративным мероприятиям, 10—15 лет; для земель, подвергнутых мелиоративным мероприятиям, окруженным орошаемыми землями или находящихся по рельефу ниже последних,—5—10 лет.

При предпроектных изысканиях закладывают участки типового проектирования для детального расчленения почвенного покрова, углубленного изучения закономерности размещения почвенных разновидностей и варьирования их свойств, уточнения методики почвенных исследований на стадии разработки проекта. Количество участков типового проектирования зависит от сложности при-

родных условий, масштаба и качества имеющихся материалов изысканий прошлых лет.

Почвенно-мелиоративные исследования для проекта проводят в объеме достаточном для определения комплекса мелиоративных мероприятий. При почвенно-мелиоративных исследованиях особое внимание обращают на детальное расчленение почвенных сочетаний, показанных на картах мелкого масштаба, выделение границ почвенных разновидностей или их комплексов, изучение свойств почв, являющихся расчетными параметрами при проектировании.

Площадь почвенно-мелиоративных исследований для обоснования проектов должна несколько (примерно в 1,2—1,5 раза) превышать проектируемую площадь орошения или осушения. В особых случаях при большой неоднородности почвенного покрова и распространении слаборазвитых почв на плотных породах или галечниках и т. д. допускается увеличение площади изысканий в 1,8—2 раза.

При обосновании проекта выполняют солевую съемку в масштабе 1 : 10 000 в границах участков распространения засоленных почв, предварительно выделенных на почвенных картах. Нормы внесения химических мелиорирующих веществ в почвы солонцовых комплексов определяют на основе картограмм мелиорации солонцов также в масштабе 1 : 10 000 в границах участков распространения солонцовых комплексов, выделенных на почвенных картах. В таком же масштабе выполняют съемку на кислых минеральных почвах для обоснования норм известкования.

Почвенно-мелиоративные изыскания для рабочего проекта выполняют на массивах орошения и осушения в масштабе 1 : 10 000 и крупнее, в зависимости от категории сложности почвенного покрова.

Специальные съемки участков с засоленными почвами, солонцовыми комплексами и кислыми минеральными почвами для обоснования рабочих проектов орошения и осушения садов и овощных культур выполняют в масштабе 1 : 2000.

Для проектов обводнения, предусматривающих только обеспечение водопоя на пастбищах и удовлетворение бытовых потребностей в воде населения сельскохозяйственных поселков, природные условия описывают с целью установления наиболее выгодного размещения точек водопользования. Для обоснования таких проектов составляют почвенные, почвенно-мелиоративные и ботанико-кормовые карты в масштабе 1 : 100 000 с кратким описанием почвенного и растительного покрова по материалам исследований прошлых лет с учетом изменений, происшедших в процессе использования территории. В качестве основы составляемых карт применяют материалы геоботанических исследований не больше пятилетней давности. Используемые материалы дополняют рекогносцировками в натуре.

Масштаб топографической основы должен обязательно соответствовать заданному масштабу съемки или быть на один порядок крупнее. Если при наличии хорошей топографической основы на

используемом объекте нет достаточного количества ориентиров и гарантии точности глазомерного нанесения размеров и контуров, то осуществляют инструментальную привязку разрезов или разбивают сеть поперечников.

При почвенно-мелиоративной и солевой съемках на объектах мелиорации закладывают почвенные шурфы (разрезы) и скважины. Шурфы (разрезы) по назначению и глубине проходки делят на основные и прикопки. Основные шурфы (разрезы) закладывают на преобладающих геоморфологических элементах рельефа для изучения строения и особенностей почвенного профиля, характера почвообразующих и подстилающих пород, плотности, влажности почв, содержания легкорастворимых солей. Их обязательно совмещают с геологическими выработками (скважинами) и привязывают инструментально. Глубина основных шурфов (разрезов) на объектах орошения должна быть не меньше 2 м (при отсутствии грунтовых вод, песков-плывунов или очень твердых пород, не поддающих воздействию кирки или лома), на объектах осушения — до грунтовых вод.

Прикопки глубиной 60 см закладывают для уточнения границ почв, отличающихся друг от друга какими-либо признаками и свойствами. На объектах орошения с помощью прикопок уточняют границы между маломощными, среднемощными, мощными почвами, а также слабо-, средне- и сильносмытыми (оподзоленными, осолоделыми) почвами; на объектах осушения — между глеевыми и глееватыми почвами, болотными и минеральными глеевыми почвами и т. д. В остальных случаях прикопки используют для уточнения генетической принадлежности почв и механического состава верхних горизонтов.

На обводненных, заболоченных и засоленных почвах вместо шурфов делают скважины глубиной 1,5—2 м почвенным буром.

Число шурфов, закладываемых при почвенной съемке, зависит от масштаба съемки, сложности природных условий объекта, качества топографической основы и устанавливается из расчета соблюдения требуемой точности картирования. Среднее число основных шурфов, не считая прикопок и зондировок, закладываемых на каждый квадратный километр исследуемой территории, определяется в соответствии с таблицей 36.

На минеральных почвах, требующих осушения, для более полной характеристики механического состава почв, их оглеенности,

36. **Среднее число основных шурфов, закладываемых на 1 км²**

Масштаб съемки	Категория сложности объекта			Масштаб съемки	Категория сложности объекта		
	I	II	III		I	II	III
1:200 000	0,08	0,11	0,15	1:10 000	3,0	5,6	6,7
1:100 000	0,20	0,25	0,33	1:5 000	8,0	12,0	15,0
1:50 000	0,75	0,9	1,2	1:2 000	20,0	25,0	35,0
1:25 000	1,5	2,0	2,5				

карбонатности, агрегированности, мощности гумусного горизонта и других признаков, учитываемых при определении междренных расстояний, при обосновании технорабочего проекта с помощью зондировочных буров дополнительно закладывают серию скважин глубиной 1,8—2 м (из расчета 1 скважина на 1—3 га, в зависимости от сложности литологического строения почвогрунтов в зоне действия дрен).

На болотных массивах при изысканиях для обоснования проектов или рабочих проектов выполняют зондирование торфяной залежи по заранее разбитым поперечникам, закладываемым в зависимости от сложности объекта и требований проектирования через 100—400 м с частотой зондировочных точек через каждые 100 м.

Зондирование ведут послойно (через 25 или 50 см) на всю глубину торфяной залежи до минерального дна. В процессе зондирования фиксируют глубину попадания пней, сапропелевые отложения, рудяковые, угольные и прочие прослойки. Подробное послойное описание ботанического состава, степени разложения и свойств торфа выполняют в пунктах, число которых составляет 5 % общего числа зондировочных точек.

В процессе полевых исследований отбирают образцы для лабораторных исследований: а) на минеральных почвах на каждой почвенной разности, встречающейся на массиве, не менее чем в пятикратной повторности, по генетическим горизонтам и литологическим слоям; б) на торфяных почвах — из каждого двадцатипятисантиметрового слоя торфа в 5 % общего числа зондировочных скважин; в) на засоленных и солонцовых почвах — из каждого основного шурфа или скважины по глубинам 0—25, 25—50, 50—75, 75—100, 100—150, 150—200 см.

В засоленных почвах выполняют массовые анализы сокращенных водных вытяжек с определением суммы солей электрометрически, общей щелочности, хлор-иона и натрий-иона (пламенно-фотометрически); для контроля массовых анализов в 5 % общего числа отобранных образцов выполняют полный анализ водных вытяжек;

в солонцеватых почвах — анализы сокращенных водных вытяжек в солонцовых и глубжележащих горизонтах; pH по всему профилю; во всех образцах с глубины 0—25 и 25—50 см определяют поглощенный натрий и не менее чем в 10 образцах одинакового механического состава — емкость поглощения, гипс, CO_2 карбонатов;

в кислых минеральных почвах определяют pH солевой вытяжки во всех образцах с глубины 0—30 см; кроме того, в 10 % этих образцов — сумму поглощенных оснований, гидролитическую и обменную кислотность;

в 10 % отобранных проб торфа анализы выполняют в полном составе, в 90 % — в сокращенном (естественная влажность, ботанический состав и степень разложения).

Особые требования предъявляют к почвенно-мелиоративным исследованиям при проектировании дренажа и промывок засолен-

ных почв. В этом случае требуется количественная оценка послойного содержания солей в почве. По каждому почвенному контуру (за исключением отдельных очень мелких вкраплений) необходимо определить статистически обоснованные показатели засоления — среднюю арифметическую и среднеквадратическое отклонение, характеризующие изменчивость послойного засоления в границах почвенного контура.

При солевых съемках среднее число выработок и анализов водных вытяжек на 1 км² в зависимости от масштаба съемки и визуальной пестроты засоления определяют по таблице 37.

37. Среднее число выработок и анализов водных вытяжек на 1 км²

Масштаб съемки	1:10 000	1:5000	1:2000
Число выработок	20—35	40—80	100—170
Число анализов	120—210	240—480	600—1020

Ориентировочное число выработок и анализов водных вытяжек, pH, поглощенного натрия, емкости поглощения на 1 км² при съемке для составления картограмм мелиорации солонцов в зависимости от масштаба съемки определяют по таблице 38.

38. Среднее число выработок и анализов на 1 км²

Масштаб съемки	1:10 000	1:5000	1:2000
Выработки (шурфы, скважины)	20—35	40—80	100—170
Водные вытяжки	100—175	200—400	500—850
Поглощенный натрий	40—70	80—160	200—340
pH водной вытяжки	120—210	240—480	600—1020

Анализы емкости поглощения гипса и CO_2 карбонатов определяют не менее чем в 10 образцах одинакового механического состава.

При съемках для составления картограмм мелиорации солонцов, выполняемых на основе ранее составленной почвенной карты, но без использования старых аналитических материалов, все выработки проводят зондировочными скважинами. Образцы почв для анализа водных вытяжек при бурении скважин отбирают без перерывов слоями 0—25, 25—50, 50—75, 75—100, 100—150, 150—200 см.

Ориентировочное число выработок и анализов на 1 км² при съемке для составления картограмм потребности известкования кислых почв в зависимости от масштаба съемки определяют по таблице 39.

Для более детального изучения почвенного покрова или отдельных свойств почв выбирают типовые участки, отображающие почвенные условия исследуемого объекта или его отдельных частей.

Физические и водные свойства почв изучают на опытных пло-

39. **Число выработок и анализов на 1 км² при определении потребности в известковании**

Масштаб съемки	1:10 000	1:5000	1:2000
Выработки	30—40	50—60	100
pH солевой вытяжки	30—40	50—60	100
Емкость поглощения, гидролитическая кислотность, сумма поглощенных оснований	3—4	5—6	10

щадках (точках), закладываемых на типичных для массива почвах, после завершения почвенной съемки.

Число площадок для изучения физических и водных свойств почв зависит от сложности почвенного покрова и литолого-гидрогеологических условий массива и должно быть достаточным для обоснования проекта. Площадки приурочивают к каждому мелиоративному району. Если мелиоративный район образован несколькими почвенными разновидностями, то на каждой изучают их свойства.

Число точек по исследованию физических и водных свойств определяют, исходя из масштаба почвенной съемки и величины исследуемой территории (табл. 40).

40. **Площадь, приходящаяся на одну точку для изучения физических и водных свойств (в км²)**

Масштаб почвенно-мелиоративной съемки	Площадь съемки (в км²)	Категория сложности		
		I	II	III
1:200 000	Любая	1600	1000	500
1:100 000	1600	600	500	400
	1600—1000	500	400	300
	1000—400	400	300	200
1:50 000	1000	200	170	140
	1000—500	175	145	115
	500—100	160	120	110
1:25 000	500	60	50	40
	500—200	55	45	35
	200—100	50	40	30
	100—25	45	35	25
1:10 000	100	25	23	21
	100—50	20	18	16
	50—25	15	13	11
	25—5	10	8	6

Состав работ на площадках (точках) зависит от природных условий и требований проектирования. В состав работ на опытных площадках входит проведение в два срока (при естественной влажности и при влажности 0,6—0,7 от предельной полевой влагоемкости) наблюдений за скоростью впитывания воды при проектировании поливов напуском, по бороздам и дождеванием способом цилиндров или рам.

На площадках проводят наливы для определения вертикальной водопроницаемости по генетическим горизонтам почв или литологическим слоям (ортзанд, солонцовый горизонт и др.) в условиях глубокого залегания грунтовых вод. При близком залегании грунтовых вод (или верховодок) коэффициент фильтрации определяют по восстановлению уровня воды в скважинах. При опытных поливах и наливах определяют плотность и влажность почвы по генетическим горизонтам и литологическим слоям в начале и в конце опыта.

При изучении физических и водных свойств для обоснования проектов рисовых систем и лиманного способа орошения определяют скорость впитывания только наливом.

Солеотдачу почвогрунтов изучают на опытных площадках для определения динамики вымывания солей, расчета величины промывных норм. Пункты по изучению солеотдачи выбирают после завершения почвенной и солевой съемок и размещают с учетом особенностей почвенного покрова на наиболее характерных и преобладающих по степени, типу засоления и литологии почвах в количестве, необходимом для обоснования величин промывных норм и продолжительности промывок.

В состав этих работ входит отбор буром образцов почв для определения плотности, влажности и засоления по генетическим горизонтам до глубины 2 м перед началом опыта и в конце его.

В лабораторных условиях выполняют следующие анализы:

на кислых почвах (подзолистые, дерново-подзолистые, серые лесные, бурые лесные, пойменные почвы лесной и лесостепной зон) — гигроскопическая влага, механический анализ по Качинскому, число пластичности, гумус по Тюрину, валовой азот по Кьельдалю, pH водной и солевой суспензии, поглощенные основания (Ca^{++}, Mg^{++}), по Гедройцу с применением трилона Б, сумма поглощенных оснований по Каппену, поглощенный водород по Гедройцу, гидролитическая кислотность по Каппену, обменная кислотность по Соколову, гидролизуемый азот по Тюрину — Кононовой, подвижные фосфаты по Кирсанову, обменный калий по Масловой, устойчивость кротовых дрен по Зайдельману на глубинах 35—45, 65—75 и 100 см;

на торфяных, перегнойно-торфяных почвах и торфяных горизонтах других почв — естественная влажность, валовой азот по Кьельдалю, pH водной и солевой суспензии, гидролитическая кислотность по Каппену, обменная кислотность по Соколову, потеря от прокаливания и анализ золы (определяется CaO, K_2O, P_2O_5), ботанический состав торфа и степень разложения, водная вытяжка (в засоленных почвах);

на нейтральных почвах (дерново-карбонатные, черноземы, каштановые, коричневые и др.) — гигроскопическая влага, механический анализ по Качинскому (карбонатные почвы подготавливают с применением пирофосфата натрия), число пластичности, гумус по Тюрину, валовой азот по Кьельдалю, pH водной суспензии, поглощенные основания (кальций, магний) по Гедройцу с применением

трилона Б в некарбонатных почвах, емкость поглощения в карбонатных почвах по Бобко — Аскинази в модификации Грабарова и Уваровой; поглощенные основания в выщелоченных и оподзоленных почвах по Каппену, поглощенный натрий по Гедройцу для солонцеватых почв и гидролитическая кислотность для выщелоченных почв, углекислота карбонатов по Гейслеру—Максимюк, Голубеву, водная вытяжка, гидролизуемый азот по Тюрину — Кононовой, подвижные фосфаты по Чирикову или Труогу, обменный калий по Масловой;

на солонцах, солончаках и засоленных почвах — гигроскопическая влага, механический анализ (подготовка почвы с применением пирофосфата натрия), число пластичности, гумус по Тюрину (в случае хлоридного засоления предварительно отмывают соли), pH водной суспензии, водная вытяжка, поглощенный натрий по Гедройцу, емкость поглощения по Бобко — Аскинази в модификации Грабарова и Уваровой, ангидрит гипса, углекислота карбонатов по Голубеву.

Кроме перечисленных анализов, для характеристики физических свойств почв выполняют агрегатный анализ, определяют плотность твердой фазы почвы и влажность устойчивого завядания.

§ 68. Почвенно-мелиоративные карты

Почвенно-мелиоративная карта является основным документом проекта мелиорации, помогающим выбрать наилучшее техническое и экономическое решение в соответствии с природными условиями и прогнозом их изменения в процессе эксплуатации. Поэтому она должна отражать основные особенности почвенного покрова геоморфологических и гидрогеологических условий, а следовательно, состав и объем мелиоративных мероприятий в строительный и эксплуатационный периоды.

Почвенно-мелиоративную карту и легенду к ней составляют после получения от гидрогеологов следующих карт: геоморфологической, литологической, засоления грунтов глубже 2 м от поверхности, глубин залегания, минерализации, химизма грунтовых вод, гидрогеологического районирования, на основе тщательного анализа данных почвенно-мелиоративных, инженерно-гидрогеологических и других исследований.

При составлении почвенно-мелиоративной карты выполняют мелиоративную группировку почв, требующих однотипных гидротехнических и агротехнических мероприятий в строительный и эксплуатационный периоды. Группировку осуществляют в границах каждого гидрогеолого-мелиоративного района.

Каждая почвенно-мелиоративная группа должна характеризоваться: 1) общностью природных свойств почв и гидрогеологических условий; 2) полной или ограниченной пригодностью почв для проектируемых сельскохозяйственных культур (например, пригодность незасоленных суглинистых почв с обеспеченным оттоком грунтовых вод под любые культуры; непригодность тяжелоглини-

стых лугово-болотных почв под плодовые деревья или виноградники, но пригодность их под травы и прифермские кормовые севообороты; предпочтительное по сравнению с хлопковыми севооборотами размещение садов и виноградников на грубоскелетных почвах; недопущение распашки песков, средне- и сильноскелетных почв и т. п.); 3) однотипностью мелиоративных мероприятий.

Почвенно-мелиоративные группы могут подразделяться на подгруппы: 1) по пригодности почв под те или иные сельскохозяйственные культуры; 2) по дозам гипса, извести и других мелиорантов; 3) по технике орошения (полив по полосам, бороздам или дождеванием); 4) по поливным или промывным нормам; 5) по режиму орошения; 6) по величине уклонов; 7) по объему камнеуборочных или других культуртехнических работ; 8) по потребности в дополнительных мероприятиях, ускоряющих промывку и осушение почв (кротование, строительство временных мелких дрен и т. д.).

В зоне орошения почвы могут быть объединены в следующие группы.

1. Почвы, орошение которых не будет сопровождаться отрицательными последствиями. Для обеспечения высокого уровня их плодородия достаточно одних агротехнических приемов. Например, незасоленные черноземы, сероземы, каштановые и другие почвы, расположенные на естественно хорошо дренированных территориях без водоупорных слоев, с глубокими грунтовыми водами, обеспеченных естественным оттоком. Орошение при таких почвенно-геоморфологических и гидрогеологических условиях не будет сопровождаться подъемом грунтовых вод, засолением и заболачиванием почв. Это вполне благополучные в мелиоративном отношении территории.

2. Почвы, требующие при орошении внимательного отношения, а в связи с этим применения различных агротехнических и водохозяйственных мероприятий по предупреждению засоления и заболачивания. Например, незасоленные черноземы, сероземы и каштановые почвы, но расположенные на слабо естественно-дренированных территориях с глубокими грунтовыми водами или на хорошо дренированных территориях, но с глубоким залеганием от поверхности водоупоров (плотных глин и суглинков, алевролитов и т. д.). Орошение таких почв с течением времени может привести к подъему грунтовых вод или образованию верховодки, засолению или заболачиванию. Поэтому при разработке мелиоративных мероприятий в первую очередь обращают внимание на необходимость правильного водопользования, разработку соответствующей техники и способов полива (закрытая оросительная сеть, полив дождеванием малыми нормами и т. д.), наблюдают за водносолевым режимом почвогрунтов и т. д.

3. Почвы, нуждающиеся в мелиоративных мероприятиях в строительный и эксплуатационный периоды. Например, засоленные почвы, расположенные на слабо естественно-дренированных территориях с глубокими грунтовыми водами. При орошении вторич-

ное засоление может начаться мелкими пятнами еще при довольно глубоких грунтовых водах, минерализация поднимающихся грунтовых вод будет повышаться, что повлечет за собой усиление вторичного засоления почв. Орошение будет сопровождаться перераспределением естественных солевых запасов в почвах, грунтах и грунтовых водах. В итоге возникает необходимость строительства дренажной сети, создания промывного режима орошения, проведения промывок и т. д. до начала освоения или в процессе эксплуатации земель. При освоении почв (незасоленных и засоленных) с близким залеганием грунтовых вод, не обеспеченных естественным оттоком, мелиоративные мероприятия проводят до ввода земель в эксплуатацию (дренаж, промывки, внесение различных мелиорантов, создание промывного режима орошения и т. д.).

4. Почвы, неперспективные для орошения из-за сильно расчлененного рельефа, большого объема камнеуборочных работ или требующие трудоемких и дорогостоящих мероприятий по их коренному улучшению.

В зоне осушения применяется следующая группировка почв.

1. Почвы, не нуждающиеся в осушении; к ним относятся все почвы атмосферного увлажнения с обеспеченным стоком и почвы недостаточного увлажнения.

2. Почвы, нуждающиеся в регулировании водно-воздушного режима на основе улучшения поверхностного и внутрипочвенного стока. К этой группе относятся заболоченные почвы разных типов почвообразования, испытывающие кратковременное переувлажнение. Регулирование водного и воздушного режимов таких почв может осуществляться простыми гидротехническими мероприятиями (нагорные каналы, редкая водоотводящая сеть) и применением агромелиоративных мероприятий (создание мощного структурного пахотного слоя, рыхление подпахотного горизонта, вспашка вдоль склона, кротование, узкозагонная вспашка и т. д.).

3. Почвы, остронуждающиеся в улучшении водного и воздушного режимов путем ускорения поверхностного стока и понижения уровня грунтовых вод. По типу водного питания, а следовательно, и по потребности в мероприятиях по регулированию водного и воздушного режимов эти почвы делятся на две подгруппы:

почвы длительно избыточного увлажнения поверхностными и почвенно-грунтовыми (верховодкой) водами, регулирование водно-воздушного режима которых должно осуществляться путем интенсивного регулирования поверхностного стока и применения простейших гидромелиоративных мероприятий, комплекса агромелиоративных мероприятий и выборочного дренажа с учетом особенностей рельефа;

почвы длительно избыточного увлажнения грунтовыми водами, улучшение водного и воздушного режимов которых может быть осуществлено регулированием поверхностного стока и применением дренажа, а также комплекса простейших гидромелиоративных и агромелиоративных мероприятий.

4. Почвы, нуждающиеся в систематическом дренаже и регули-

41. Показатели оценки мелиоративного состояния орошаемых земель

Мелиоративное состояние земель	Глубина залегания грунтовых вод	Степень засоления и осолонцевания почв	Прогноз изменения мелиоративного состояния земель и рекомендации по его улучшению
Хорошее	Более 3—4 м или постоянно соответствует допустимой	Почвы незасоленные и несолонцеватые	Угрозы подъема грунтовых вод, засоления и осолонцевания почв, содообразования и ухудшения водных и физических свойств нет. Необходимы мелиоративные мероприятия по сохранению существующего состояния земель
Удовлетворительное	Соответствует допустимой	Почвы слабозасоленные или слабосолонцеватые	Необходимы мелиоративные мероприятия по ликвидации засоления почв для достижения хорошего мелиоративного состояния земель
Хорошее или удовлетворительное, но с угрозой ухудшения	Более 3—4 м при наличии подъема уровня грунтовых вод	Незасоленные или слабозасоленные, несолонцеватые или слабосолонцеватые почвы	Грунтовые воды могут достичь критической глубины и вызвать (во всех климатических зонах) вторичное засоление почв. В степной зоне возможно ощелачивание, содообразование и ухудшение водно-физических свойств черноземов (увеличение плотности выше 1,3—1,4 г/см³). Необходим комплекс предупредительных мелиоративных мероприятий
Неудовлетворительное	Периодически в отдельные периоды года меньше допустимой	Засоление или осолонцевание почв изменяется от слабого до среднего	Необходимы мелиоративные мероприятия по снижению уровня и минерализации грунтовых вод и рассоление почв
Крайне неудовлетворительное	Постоянно меньше допустимой	Засоление или осолонцевание почв изменяется от среднего до сильного или очень сильного	Необходима коренная мелиорация земель

42. Легенда к почвенно-мелиоративной карте массива орошения

Индекс групп и подгрупп	Характеристика почв	Краткие гидрогеологические условия	Рельеф, преобладающие уклоны	Пригодность почв под районированные культуры. Необходимые мероприятия
I*а*	Серо-бурые орошаемые почвы незасоленные, легкосуглинистые, слабощебенчатые с мощностью мелкозема более 1 м, на галечниковом пролювии. Кф (коэффициент фильтрации) с поверхности почвы 0,1 мм/мин, с кровли галечника 0,5—10 мм/мин	Грунтовые воды залегают глубже 30 м, минерализация 1—3 г/л, естественным оттоком обеспечены	Подгорная равнина, средние и нижние части конусов выноса, изрезанные саями. Уклон <0,02	Пригодны под любые культуры без предварительных мелиораций. При планировке глубина срезки не более 20 см. Необходимы противофильтрационные мероприятия. Поливные нормы 800—1000 м³/га. Внесение удобрений
I*б*	Серо-бурые, орошаемые почвы незасоленные, легкосуглинистые и супесчаные, слабощебенчатые с мощностью мелкозема от 0,5 до 1 м, на галечниковом пролювии. Кф с поверхности почвы 0,4—0,8 мм/мин, с кровли галечника 0,5—1,0 мм/мин	То же	Подгорная равнина, верхние и средние части конусов выноса, изрезанные саями. Уклон 0,02—0,03	Пригодны под любые культуры без предварительных мелиораций. При планировке глубина срезки не более 10 см. Необходимы противофильтрационные мероприятия. Поливы учащенные, нормой 500—600 м³/га. Внесение удобрений
I*в*	То же, что и для подгруппы I*б* Почвы среднещебенчатые, слабокаменистые	То же	Подгорная равнина. Верхние части конусов выноса. Уклон 0,02—0,03	То же, что для подгруппы I*б*. Сбор и удаление камней (около 50 м³/га)
I*г*	Серо-бурые почвы незасоленные легкосуглинистые, средне- и сильнощебенчатые, разной степени каменистости с мощностью мелкозема менее 0,5 м (преимущественно 0,2—0,3 м) на галечниковом пролювии. Кф с поверхности почвы 0,5—0,6 мм/мин, с кровли галечника 0,5—1,0 мм/мин	»	Подгорная равнина, верхние части конусов выноса. Уклон 0,03—0,07	Пригодны только под сады и виноградники с подсыпкой мелкозема в ямы и внесением органических и минеральных удобрений. При планировке срезка почвы недопустима. Сбор и удаление до 200 м³/га камней. Необходимы противофильтрационные и противоэрозионные мероприятия. Поливы частые, по гибким шлангам, нормой до 500 м³/га
II	Луговые орошаемые почвы незасоленные в 1 и 2 м, легкие сред-	Грунтовые воды залегают на глубине	Речные террасы. Уклон <0,02	Пригодны под любые культуры, кроме садов и виноградников,

	несуглинистые. Кф с поверхности почвы 0,1—0,4 мм/мин	1,5—2 м, минерализация 3—5 г/л, естественным оттоком не обеспечены		после строительства дренажа и планировки поверхности. Промывной режим орошения; поливные нормы 800—1000 м³/га. Внесение удобрений
III*а*	Лугово-серо-бурые, луговые орошаемые, легко- и среднесуглинистые, засоленные. Кф с поверхности почв 0,1—0,4 мм/мин	Грунтовые воды залегают на глубине 1,5—3 м, минерализация 5—10 г/л, естественным оттоком не обеспечены	Переходная часть подгорной равнины. Речные террасы. Уклон $<0,02$	Пригодны под любые культуры, кроме садов и виноградников, после строительства дренажа и проведения промывок. Промывной режим орошения; поливные нормы 800—1000 м³/га. Внесение удобрений
III*б*	Луговые почвы глинистые, засоленные. Кф с поверхности почвы 0,01—0,08 мм/мин	То же	Речные террасы. Уклон $<0,02$	То же, что для подгруппы III*а*. На период промывок закладка дополнительного временного дренажа. После промывок посев трав-мелиорантов. Период освоения 2—3 года. Поливные нормы 1000—1200 м³/га
III*в*	Болотные и лугово-болотные почвы, глинистые засоленные. Кф с поверхности почвы 0,01 мм/мин	Грунтовые воды залегают на глубине до 1 м, минерализация 5—10 г/л, естественным оттоком не обеспечены	Замкнутые понижения на речных террасах. Уклон $<0,02$	То же, что для подгруппы III*а*. На период промывок закладка дополнительного временного дренажа. Улучшение водных физических свойств почвы. Поливные нормы 1000—1200 м³/га
IV	Солончаки, комплексы луговых почв с солончаками, тяжелосуглинистые и глинистые. Кф с поверхности почвы 0,01 мм/мин	Грунтовые воды залегают на глубине 0,1—1 м, минерализация 5—10 г/л, естественным оттоком не обеспечены	Речные террасы. Уклон 0,02	Пригодны под любые культуры, кроме садов и виноградников, после проведения мелиораций. Необходимы частый дренаж, промывки. После промывки посев трав-мелиорантов. Период освоения не менее 5 лет. Промывной режим орошения; поливные нормы 1000—1200 м³/га. Внесение удобрений
V	Шоры, пролювиально-делювиальные отложения саев, пески бугристые, выходы третичных пород	—	—	Непригодны под сельскохозяйственные культуры по условиям рельефа, близкого залегания коренных пород, и т. д.

ровании водного режима. К ним относятся все неосушенные почвы болотного типа почвообразования, постоянно избыточного увлажнения.

5. Почвы, нуждающиеся в ограждении от паводкового затопления. По характеру увлажнения и типу водного питания эти почвы делятся на нуждающиеся в ограждении от паводкового затопления, но не требующие последующего осушения, и нуждающиеся в ограждении от паводкового затопления и последующем осушении.

При составлении почвенно-мелиоративных карт делают прогнозы водного, солевого и питательного режимов почв, прогноз подъема уровней грунтовых вод в результате орошения. На основе исходных данных и расчетов прогноза разрабатывают показатели оценки мелиоративного состояния земель (табл. 41). Эти данные используют при составлении почвенно-мелиоративных карт.

Почвенно-мелиоративные карты составляют на основе почвенных карт. Границы мелиоративных групп, включающих обычно по нескольку разновидностей близких по своим качествам почв, должны проходить, как правило, по контурам почвенной карты.

В зависимости от размеров объектов и сложности природных условий почвенно-мелиоративные карты составляют с различной степенью насыщенности фактическими данными. Поэтому они могут быть неодинаковыми как по содержанию, так и по техническому оформлению.

Для обширных территорий со сложными геоморфологическими, гидрогеологическими условиями и значительным разнообразием почв на почвенно-мелиоративной карте необходимо показывать границы гидрогеолого-мелиоративных районов с подробной их характеристикой, а в пределах районов показывать распределение почвенно-мелиоративных групп и подгрупп. Почвенно-мелиоративные группы и подгруппы на такой карте показывают индексами и цветом, границы гидрогеолого-мелиоративных районов красной или черной линией.

К почвенно-мелиоративной карте обязательно прилагается легенда, содержащая описание групп и подгрупп почв, краткую их характеристику, геоморфологические и гидрогеологические условия, рекомендации по использованию почв и перечень мероприятий по их улучшению. В таблице 42 в качестве примера приведена легенда к почвенно-мелиоративной карте одного из массивов орошения.

На объектах осушения в зависимости от сложности природных условий результаты почвенно-мелиоративных и инженерно-геологических изысканий, выполненных в полной увязке работ, оформляют в виде следующих карт:

если территория объекта образована породами тяжелого механического состава (моренные суглинки, озерные глины и т. п.), а источником избыточного увлажнения являются поверхностные воды, составляют мелиоративную почвенно-литологическую карту. В отличие от почвенно-мелиоративной карты в ней отражена литология массива до глубины 3—4 м и содержится характеристика

43. Легенда к мелиоративной почвенно-литологической карте (по Ф. Р. Зайдельману)

Мелиоративная группа почв	Геолого-литологическое строение. Причина заболачивания. Метод осушения	Почва	Механический состав почвенного профиля, почвообразующих и подстилающих пород	Признаки заболачивания	Дозы в период освоения (т/га)	
					органических удобрений	извести
Осушение при любом использовании	Покровные крупнопылеватые суглинки, мощностью 2—3 м, на мощной толще моренных суглинков, подстилаемых глинами на глубине 20—30 м от поверхности	Торфянисто-перегнойно-глеевая	Торф до 0,3 м, глубже тяжелые покровные суглинки до 3 м	—	1	1
		Дерново-глеевая тяжелосуглинистая	—	—	1	1
	Причина заболачивания почв — поверхностные (намывные) склоновые воды. Метод осушения — организация поверхностного стока	Дерново-подзолистая глеевая глинистая	—	—	1	1
Осушение при использовании для культур полевых севооборотов и пастбищ. Без осушения — сенокосы (злаковые влаголюбивые травы)	То же	Дерново-подзолистая глеевая легкосуглинистая	—	—	1	1
Осушение при использовании для культур полевых севооборотов и пастбищ. Без осушения — сенокосы (злаковые и бобовые влаголюбивые травы)	»	Дерново-подзолистая глееватая легкосуглинистая	Легкие суглинки до 2—3 м, подстилаемые моренными суглинками	Интенсивное оглеение с 0,65 м; крупные бурые ортштейны в горизонтах A_1 и A_2	40	3,5—6
Любое сельскохозяйственное использование возможно без осушения	—	Дерново-, средне- и слабоподзолистые, легко- и среднесуглинистые	Легкие и средние суглинки 0,2 м; ниже тяжелые покровные суглинки до 2,5—3 м, глубже тяжелые моренные суглинки	Признаки заболачивания отсутствуют	30	2—3

44. **Легенда к комплексной почвенно-мелиоративной и инженерно-геологической карте** (сокращенный вариант по Ф. Р. Зайдельману)

Мелиоративный район и метод осушения	Геологостратиграфическая характеристика районов	Почвы	Механический состав почвенного профиля, почвообразующих и подстилающих пород	Признаки заболачивания
I. Внепойменные территории, заболоченные грунтовыми водами. Метод осушения — понижение уровня грунтовых вод. В подрайоне Iа — разрушение ортзандовых горизонтов		Дерново-подзолистые глееватые ортзандовые супесчаные	—	Интенсивное оглеение с глубины 0,6—0,7 м. Мощный ортзандовый горизонт (30—40 см)
		Дерново-подзолистые глеевые ортзандовые супесчаные	а) Супесь до 1,5 м, глубже — песок	Интенсивное оглеение с 0,3—0,4 м. Мощный ортзандовый горизонт.
			б) Песок с 0,5 м	Интенсивное оглеение с глубины 0,6—0,7 м.
Iа. Сильно ожелезненные воды	Легкие четвертичные отложения, подстилаемые юрскими глинами глубже 5—15 м	Дерново-подзолистые глееватые супесчаные	—	Оглеение с 0,3—0,4 м по всему профилю
Iб. Мягкие неминерализованные воды	Четвертичные отложения, подстилаемые юрскими глинами глубже 30—50 м	Дерново-подзолистые глеевые супесчаные	а) Супесь до 1,5 м, глубже — песок б) Песок с 0,2—0,5 м	
II. Пойменные территории, заболоченные пресными грунтовыми водами. Метод осушения — регулирование уровня грунтовых вод, защита от паводка во время полевых работ и вегетации растений	Четвертичные отложения (тяжелые в толще 0—3 м), подстилаемые юрскими глинами глубже 30—50 м	Перегнойно-торфяные маломощные	Песок с 0,5—1 м	Торф слоем 0,5—1 м
		Перегнойно-торфяные среднемощные	Песок с 1—2 м	Торф слоем 1—2 м

Продолжение

Мелиоративный район и метод осушения	Геологостратиграфическая характеристика районов	Почвы	Механический состав почвенного профиля, почвообразующих и подстилающих пород	Признаки заболачивания
III. Пойменные территории, заболоченные намывными русловыми водами. Метод осушения — понижение верховодки, ускорение внутрипочвенного стока (на минеральных почвах), защита от паводка во время полевых работ и вегетации растений	Четвертичные отложения (тяжелые в толще 0—3 м), подстилаемые юрскими глинами глубже 30—50 м	Дерновые зернистые глееватые суглинистые	а) Суглинки тяжелые б) Суглинки тяжелые с прослойками супеси	Оглеение с 0,6—0,7 м, усиливающееся книзу
		Дерновые зернистые глеевые суглинистые	Суглинки тяжелые с глубины 0,2—0,5 м	Оглеение с 20 см по всему профилю
		Торфяно-глеевые	а) Глина б) Суглинки	Торф слоем 0,3—0,5 м
IV. Незаболоченные территории	Комплекс четвертичных отложений, подстилаемый юрскими или каменноугольными глинами глубже 10 м	Дерново-слабоподзолистые песчаные и супесчаные	а) Песок с 0,2—0,5 м б) Песок с 1,5 м	Признаки заболачивания отсутствуют
	Четвертичные отложения, подстилаемые юрскими глинами глубже 30—50 м	Дерновые зернистослоистые и легко- и среднесуглинистые	а) Суглинки б) Пески с 0,2—0,5 м	То же

строительных свойств грунта. Кроме того, на этой карте выделяют мелиоративные группы почв по потребности в осушении при различном сельскохозяйственном использовании. В таблице 43 приведен пример легенды к мелиоративной почвенно-литологической карте;

если территория массива сформирована различными в литологическом отношении породами, а избыточное увлажнение обусловлено водами различного происхождения (верховодка, грунтовые воды, намывные воды и т. п.), составляют комплексную почвенно-мелиоративную и инженерно-геологическую карты. На этих картах участки, заболачивание которых обусловлено однородными факторами, характеризуются специфическими, встречаемыми только в этом районе, почвенными разновидностями. В легенде такой карты мелиоративное районирование дают в зависимости от причин заболачивания, а группировку почв внутри района — по степени заболачивания. Легенда должна содержать, кроме того, данные, о литологии почвенного профиля и подстилающих пород, гидрогеологических и геологических особенностях объекта, признаках заболачивания, водно-физических и физико-механических, агрономических и мелиоративных особенностях, рекомендуемые мероприятия. В таблице 44 дан пример легенды к комплексной почвенно-мелиоративной и инженерно-геологической карте.

Глава XIX
БОНИТИРОВКА И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ

§ 69. Бонитировка почв

Бонитировка почв — сравнительная оценка качества почв как средства производства в сельском и лесном хозяйствах, выраженная в количественных показателях и основанная на учете свойств почвы и уровня урожайности.

Бонитировка базируется на наиболее важных свойствах почвы, характеризующих ее как среду для жизни растений. Это специализированная классификация почв по производительности, которая коррелируется со средней многолетней урожайностью. С помощью объективных количественных показателей (баллы, проценты) устанавливается относительное качество одних почв по сравнению с другими.

Бонитировка составляет одну из главных частей земельного кадастра страны. Она может быть предназначена и для отдельных хозяйств — колхозов и совхозов. На ее основе почва регистрируется и зачисляется на баланс каждого хозяйства как главное средство сельскохозяйственного производства с определенными качественными показателями (площадь, степень окультуренности, содержание гумуса и элементов питания, мощность горизонтов), с указанием объективной стоимости.

Исходными данными для бонитировки почв хозяйства, района или области являются почвенные карты, картограммы, отражаю-

щие основные свойства почв, результаты анализов почв и средняя многолетняя урожайность основных для данной местности культур, выращиваемых на оцениваемых почвах.

При составлении бонитировочной шкалы специальными исследованиями отбираются свойства почв, наиболее полно отражающие их плодородие и тесно коррелирующие со средней многолетней урожайностью. В зависимости от природных условий и типов почв в качестве оценочных могут выступать различные свойства почв. Иногда достаточно принять во внимание мощность гумусового горизонта и содержание гумуса в нем. В определенных условиях привлекают данные, характеризующие запасы питательных элементов, степень заболоченности, засоления, осолонцевания, эродированность и т. д.

Главными свойствами, характеризующими плодородие почв, наиболее часто являются: мощность гумусового слоя; содержание гумуса или его запасы в определенном слое почвы (в пахотном горизонте, в слое 0—50 или 0—100 см); содержание в почве основных питательных элементов (азота, фосфора, калия); емкость обменного поглощения катионов; реакция среды (pH солевой вытяжки); механический состав почвы.

Количественную оценку почв по их свойствам проводят по стобалльной шкале. Для этого вначале вычисляют баллы, характеризующие одно из выбранных свойств:

$$Б_i = 100\, C_i / C_{max},$$

где $Б_i$ — балл, характеризующий данную почву по i-тому свойству; C_i — количественный показатель i-того свойства; C_{max} — оптимальное значение этого свойства.

Затем вычисляют средний балл по всем свойствам:

$$Б = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} Б_i,$$

где n — число рассматриваемых свойств.

Правильность оценки почв по ее свойствам обязательно проверяют данными по урожайности. Для этого отбирают хозяйства, возделывающие на тех или иных почвах ведущие культуры с одинаковым уровнем агротехники и устанавливают среднюю многолетнюю урожайность. Наивысшая средняя многолетняя урожайность, получаемая на наиболее плодородной почве, принимается за 100 баллов. Балльная оценка других почв вычисляется по отношению средних многолетних урожайностей.

Как правило, бонитировочные шкалы составляют для каждой области с учетом природных особенностей и направления сельскохозяйственного производства.

В таблице 45 в качестве примера приведен фрагмент бонитировочной шкалы почв Горьковской области, составленной по описанной методике.

Возможны и другие бонитировочные шкалы. Например, существует так называемая разомкнутая бонитировочная шкала С. С. Со-

45. **Фрагмент бонитировочной шкалы почв Горьковской области**

Почвы	Оценка по свойствам								Средний балл по свойствам	Балл по урожаю озимой ржи	Балл по урожаю всех зерновых
	содержание гумуса		емкость поглощения		pH солевой вытяжки		содержание глины				
	%	балл	мэкв	балл	pH	балл	%	балл			
Черноземы выщелоченные и оподзоленные среднемощные, среднегумусовые тяжелосуглинистые на элювии юрских и меловых глин	8	100	40	100	6	100	50	100	100	100	100
Серые лесные среднесуглинистые на покровных суглинках	3,4	43	24	60	5,4	90	37	74	67	72	63
Дерново-среднеподзолистые легкосуглинистые на покровных суглинках, подстилаемых песчано-глинистыми флювиогляциальными отложениями	1,8	23	14	35	5	83	23	56	49	48	48

болева и М. Н. Малышкина, служащая для ориентировочной сравнительной оценки различных почв, сформировавшихся в автоморфных условиях (табл. 46). Эта шкала называется разомкнутой потому, что в ней в 100 баллов оцениваются наиболее распространенные почвы среднего качества. Менее плодородные почвы получают оценку меньше 100 баллов, а более плодородные (вышесреднего)—больше 100 баллов. Эта шкала позволяет наглядно оценивать повышение плодородия почв в результате мелиораций.

46. Ориентировочная бонитировочная шкала некоторых автоморфных почв СССР
(по С. С. Соболеву и М. Н. Малышкину)

Бонитировочные баллы	Почвы
140—150	Черноземы типичные и лугово-черноземные
130—140	Черноземы предкавказские и типичные
120—130	Черноземы предгорные и обыкновенные
110—120	Черноземы карбонатные
100—110	Черноземы оподзоленные
90—100	Черноземы южные, темно-серые лесные
80—90	Темно-каштановые, серые лесные, дерново-карбонатные
70—80	Каштановые, дерново-слабоподзолистые
60—70	Горно-каштановые, дерново-, средне- и слабоподзолистые
50—60	Бурые лесные, дерново-сильноподзолистые
40—50	Каштановые солонцеватые
30—40	Бурые, солонцы глубокие
20—30	Солонцы средние
10—20	Солонцы корковые
1—10	Пески, болотные почвы
0—1	Солончаки злостные, малоразвитые на плотной породе

В бонитировочные шкалы вводят поправки, учитывающие дополнительные свойства почв, их состояние, месторасположение. Этим достигается возможность более детального учета степени заболоченности, засоленности, осолонцевания, экспозиции склонов, степени смытости. Например, для несмытых почв поправочный коэффициент равен 1, для слабосмытых — 0,6, среднесмытых — 0,2—0,5. В таблице 47 приведены поправочные коэффициенты, предложенные Н. А. Качинским для учета механического состава почв, из которой видно, что у разных почв оптимальный механический состав неодинаков. Подзолистые почвы наиболее плодородны, когда их механический состав легкосуглинистый, а для обыкновенных черноземов является наилучшим глинистый механический состав твердой фазы почв.

47. **Поправочные коэффициенты к бонитировочной оценке почв, учитывающие их механический состав** (по Н. А. Качинскому)

Почвы	Глинистые	Тяжелосуглинистые	Среднесуглинистые	Легкосуглинистые	Супесчаные	Песчаные мелкозернистые	Песчаные крупнозернистые
Подзолисто-глеевые	0,4	0,6	0,8	1,0	0,8	0,5	0,3
Подзолистые	0,5	0,6	0,8	1,0	0,7	0,5	0,3
Дерново-подзолистые	0,6	0,7	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
Серые лесные	0,8	1,0	0,9	0,7	0,6	0,4	0,2
Черноземы обыкновенные	1,0	0,9	0,8	0,6	0,4	0,3	0,1
Черноземы южные	0,9	1,0	0,8	0,7	0,5	0,3	0,1
Темно-каштановые	0,8	1,0	0,9	0,7	0,6	0,3	0,1
Каштановые и светло-каштановые	0,7	0,9	1,0	0,8	0,6	0,3	0,1
Бурые	0,7	0,8	1,0	0,7	0,5	0,2	0,1
Сероземы	0,8	1,0	0,9	0,7	0,5	0,3	0,1

По данным бонитировки сравнивают и оценивают почвы отдельных землепользований, районов, областей и других территорий различных частей страны для выявления резервов и путей повышения производительности почв. Определяют потребность в мелиорациях и пути мобилизации потенциального плодородия почв, охраны активного плодородия, охраны почв от водной и ветровой эрозии, предупреждения заболачивания, засоления, оглеения, закустаренности, закочкаренности, загрязнения и т. д. При бонитировке составляют рекомендации по наилучшему использованию земель, наиболее эффективному применению удобрений, повышению плодородия и охране почв, а также мероприятия по окультуриванию и мелиорации почв, систематическому повышению их качества.

На базе бонитировки осуществляют общую инвентаризацию почв, заключающуюся в оценке ее в баллах по каждому угодью и разновидности для зачисления на баланс, а также для систематического проведения мероприятий по охране и повышению плодоро-

дия пахотных земель, лугов, пастбищ и лесов. На основе бонитировки иногда осуществляют трансформацию земельных угодий, если они не соответствуют бонитету почвы. Например, распахивают кормовые угодья, расположенные на ценных почвах, и, наоборот, пахотные земли с пониженным бонитетом обращают в культурные пастбища.

В связи с изменчивостью свойств почв, проведением мелиоративных мероприятий, улучшением агротехники бонитет почв также изменяется. Поэтому оценку почв необходимо периодически повторять.

§ 70. Экономическая оценка почв и земельный кадастр

За основу экономической оценки земель принимается плодородие почв под различными сельскохозяйственными угодьями, проявляемое в средневзвешенной урожайности культур и качестве (ценности) валовой продукции. Экономическая оценка земель базируется на бонитировке почв. При экономической оценке земель устанавливается чистый доход хозяйства, получаемый при использовании различных почв.

Определение относительной ценности почв как средства сельскохозяйственного производства составляет сущность экономической оценки, проводимой при составлении земельного кадастра. Эта оценка земель базируется не только на данных об относительном плодородии почв, но и на данных о производственных условиях территории, местоположения и удаленности от населенных пунктов, дорог, рынков и т. д. Принимаются во внимание зональные факторы, физико-географические и экономические условия, учитывается площадь и целостность массива, контурность и землеустроенность его. В первую очередь устанавливается продуктивность земель на единицу площади с учетом экономического плодородия, показателем которых является суммарный урожай. Почвы, сходные по генезису, но находящиеся в разных хозяйственных условиях, могут оцениваться различно, и, наоборот, почвы, неодинаковые по происхождению, по экономической оценке могут иметь одинаковый балл. По экономической оценке можно установить влияние свойств почвы и природно-экономических факторов на производительность труда в сельском хозяйстве.

Со временем растет экономическое плодородие, повышаются урожаи сельскохозяйственных культур на разных почвах, в результате чего изменяется и экономическая оценка их, т. е. оценка эта динамична и нуждается в обновлении.

В «Основах земельного законодательства Союза ССР и союзных республик» (из Закона СССР, 1968 г.) записано: «Для обеспечения рационального использования земельных ресурсов ведется государственный земельный кадастр, содержащий совокупность достоверных и необходимых сведений о природном, хозяйственном и правовом положении земель.

Государственный земельный кадастр включает данные регистрации землепользований, учета количества и качества земель, бонитировки почв и экономической оценки земель.

Данные государственного земельного кадастра служат целям организации эффективного использования земель и их охраны, планирования народного хозяйства, размещения и специализации сельскохозяйственного производства, мелиорации земель и химизации сельского хозяйства, а также осуществления других народнохозяйственных мероприятий, связанных с использованием земель».

Составление земельного кадастра в СССР является государственным мероприятием, обязательным для всех землепользователей. Земельный кадастр ведется землеустроительными органами. В состав документов кадастра входят акт на право пользования землей, кадастровая земельная карта и кадастровая земельная книга.

На кадастровой карте наносятся границы землепользования, гидрографическая и дорожная сеть, рельеф местности, сельскохозяйственные угодья, населенные пункты и другие элементы ситуации. К карте прикладывается экспликация земельных угодий, перечень почв с указанием занимаемой ими площади и краткой агропроизводственной характеристикой, указываются бонитет почвы и экономическая оценка земель.

Кадастровая земельная книга содержит в табличной форме подробную характеристику площадей землепользования, их состава по видам сельскохозяйственных угодий, почвенному покрову и качеству почв. В кадастровую карту и в кадастровую земельную книгу вносят все изменения землепользования, качественной характеристики почв и земель.

Глава XX

ОКУЛЬТУРИВАНИЕ ПОЧВ

Окультуривание почв — это направленное воздействие человека на почвы с целью создания в них свойств, обеспечивающих получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Степень окультуривания характеризуется степенью изменения свойств почв, их состава и процессов, происходящих в почвах, оценивается ростом плодородия. Окультуриванию часто предшествуют различные мелиорации почв — водные, химические, физические, тепловые и т. д. Почвенные мелиорации позволяют значительно улучшить состав и свойства почв и создают предпосылки для повышения степени их окультуренности.

Процессы окультуривания происходят также в почвах, не требующих коренных мелиораций, например при распашке целинных земель, при трансформации земельных угодий (при вырубке леса и распашке земель, при переводе лугов в пашню и т. п.).

Окультуриванию почв способствуют так называемые культуртехнические работы: уборка камней, валунов, устранение кочек,

пней, расчистка полей от кустарника, планировка, разделка дернины, первичная глубокая вспашка и глубокое рыхление.

Окультуривание почв во многом зависит от системы земледелия. Применение соответствующих способов обработки почвы в оптимальные сроки, борьба с сорняками и вредителями, правильный подбор культур и их чередование, соблюдение всех правил агротехники (в том числе системы удобрений), предотвращение эрозии, сохранение влаги — все это способствует улучшению почв, повышению степени их окультуренности.

Неправильная система земледелия, нарушение технологии агротехнических работ приводят к ухудшению свойств почв, и тогда культурные почвы могут снижать свое плодородие и ухудшаться.

Окультуривание почв — одна из важнейших задач, стоящих перед человечеством. Без нее невозможно решение жизненно важной проблемы — обеспечение человека продовольствием.

§ 71. Агромелиорация и окультуривание почв

Агромелиорация — коренное улучшение почв, осуществляемое специальными агротехническими приемами. Она включает в себя культуртехнические работы, агрофизические, агрохимические и агробиологические мероприятия.

Наибольшая эффективность достигается при сочетании агромелиораций с гидромелиорациями и агролесомелиорациями. В определенных случаях бывают необходимы только агромелиорации.

Глубокая мелиоративная вспашка, создание мощного пахотного горизонта, оструктуривание его, рыхление подпахотного горизонта и приемы высокой агротехники в корне улучшают заболоченные почвы.

На переувлажненных почвах тяжелого механического состава с успехом применяют различные способы обработки: узкозагонную вспашку вдоль уклона при ширине загона 10—20 м; выпуклую пахоту, получаемую вспашкой всвал; гребневую и грядковую вспашки; глубокое безотвальное рыхление подпахотного горизонта; осеннее лущение, дискование, культивацию дернины; глубокую зяблевую узкозагонную вспашку с одновременным рыхлением подпахотных горизонтов; плантажную узкозагонную вспашку до глубины 40—50 см с последующим перепахиванием с заделкой удобрений; планировку поверхности и другие мероприятия. Создание агромелиоративным путем благоприятного водного и воздушного режима переувлажненных почв повышает эффективность инженерных гидромелиоративных мероприятий. Уменьшение плотности почвы обработкой способствует улучшению ее водо- и воздухопроницаемости. Действенной мерой является механическое рыхление, но эффект этого мероприятия нуждается в закреплении обогащением почвы органическим веществом, ее оструктуриванием. Агромелиорации повышают и эффективность орошения.

Агромелиоративные мероприятия базируются на почвенно-мелиоративной инвентаризации и районировании земель с учетом их

генезиса и мелиоративного состояния. Все агромелиорации носят зональный характер. Они слагаются из различных приемов интенсивного окультуривания почв и направлены на формирование культурных почв. Проведение их значительно повышает производительность труда в сельском хозяйстве.

Одним из важных агромелиоративных мероприятий является создание мощного пахотного слоя и рыхление подпахотного горизонта. Углубление пахотного слоя сопровождается увеличением некапиллярной пористости, что создаст условия для более глубокого проникновения в почву не только влаги, но и корней растений. Рыхление подпахотного горизонта в конечном результате приводит к обогащению его органическим веществом за счет отмирающих корневых систем, к повышению емкости поглощения и суммы поглощенных оснований.

Пахотный слой даже на дерново-подзолистых и серых лесных почвах может быть доведен до 30 см, а для овощных и технических культур — до 40 см и более. В производственных условиях увеличение мощности пахотного слоя достигается постепенным припахиванием подпахотного слоя с обязательным одновременным применением известкования и внесением повышенных доз органических и минеральных удобрений. Недопустимо усиленное припахивание подзолистого горизонта, содержащего подвижный алюминий, закисные соединения железа и марганца, так как это может отрицательно повлиять на качество пахотного горизонта.

На дерново-подзолистых и серых лесных почвах положительные результаты дает глубокое рыхление безотвальными плугами в сочетании с обычной системой обработки. Это более эффективно, чем многократное припахивание с внесением удобрений. Глубокое безотвальное рыхление применяют на почвах тяжелого механического состава, где необходимо обеспечить сток избыточной воды по подпахотным горизонтам или повысить в них запас влаги, а также усилить мобилизацию питательных веществ. Такое рыхление ведет к постепенному оструктуриванию разрыхленного горизонта, к повышению влагоемкости почвы и отводу избыточной влаги.

В окультуривании почв большая роль принадлежит так называемой ярусной вспашке, переделывающей профиль дерново-подзолистых почв (подзолистый и иллювиальный горизонты меняют местами). На фоне двухъярусной вспашки все приемы высокой агротехники и агромелиорации (известкование, фосфоритование, сидерация, внесение органических и минеральных удобрений и др.) дают больший эффект, чем при обычной вспашке. Подзолистые, дерново-подзолистые и светло-серые лесные почвы на фоне двухъярусной вспашки быстрее и легче поддаются окультуриванию, а урожаи становятся выше и устойчивее. Двухъярусная мелиоративная вспашка может дать не меньшие результаты на солонцах и солонцеватых почвах.

Для окультуривания песчаных почв применяют глубокую (до 50 см) двухслойную вспашку с созданием прослоев органического вещества (навоз, торф, компост) с глиной или мергелем, уменьша-

ющими фильтрацию атмосферных осадков и выщелачивание элементов питания из почвы. Органические удобрения запахивают глубже, чем при обычной пахоте, с тем, чтобы при последующих обработках они не выносились на поверхность.

Агромелиорация включает кротование. Этот прием, проведенный осенью, способствует повышению запаса влаги в подпахотном горизонте весной следующего года. Весеннее кротование усиливает аэрацию почвы летом и обеспечивает передвижение избыточной воды к дренам в осенний период. В осенний влажный период избыточная влага может быть отведена из борозд в подпахотный горизонт с помощью щелевания или мелкого кротования (25—30 см). Заложение кротодрен и щелевание, помимо дренирующего действия, оказывают положительное влияние на аэрацию почвы.

Внесение навоза в торфяные почвы резко активизирует биологические процессы в пахотном горизонте, способствующие превращению торфа в перегнойную массу. Кислый торф биологически пассивен, к тому же он нередко содержит токсические вещества.

Высокоэффективны агрохимические мелиорации (известкование, гипсование и др.). При известковании снижается кислотность почвы. Кальций извести служит также необходимым элементом питания растений. В известковании нуждаются заболоченные, подзолистые, дерново-подзолистые, выщелоченные и другие кислые почвы.

Известкование повышает насыщенность почвы основаниями, что, в свою очередь, уменьшает вынос водорастворимого гумуса и элементов питания в дренажные воды. Известкование оказывает глубокое мелиорирующее действие на почву. Помимо того, что уменьшается кислотность, почва становится структурнее, рыхлее, лучше удерживает влагу. При известковании активизируется жизнедеятельность полезных микроорганизмов.

Действие известкования продолжается 6—8 лет, в зависимости от местных условий и характера почв (табл. 48).

48. **Дозы извести** (в т/га) **на дерново-подзолистых и серых лесных почвах** (по данным ВИУА)

Почвы	pH солевой вытяжки из почвы						
	4,5 и меньше	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,5
Супесчаные и легкосуглинистые	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	2,0	1,5
Средне- и тяжелосуглинистые	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0

Для известкования применяют тонкоизмолотую известь, доломитовую муку, озерный карбонатный ил, сапропель. Ил, помимо известкового материала, содержит многие необходимые элементы питания растений.

Большая роль в окультуривании почв принадлежит торфованию. Торф — ценное органическое удобрение. Наиболее широко при-

меняют торфяные компосты с известью и минеральными удобрениями, торфофекалии, а также торфорастительные компосты с использованием бобовых растений (вики, люпина) и добавление бактериальных препаратов. Торфование почв — мелиоративное мероприятие, так как умело внесенный торф делает почву высокопроизводительной в течение длительного времени. Торф может ускоренно окультуривать почву. Но внесение кислого торфа непосредственно из карьера в кислые почвы может привести к отрицательным результатам, особенно в первые годы торфования. Внесение торфа в почвы, затопляемые полыми водами, может сопровождаться его вымыванием.

В арсенал агромелиораций входит усиленное унавоживание почвы. Систематическое внесение навоза повышает содержание в почве гумуса, а следовательно, азота и элементов зольного питания растений. Кроме того, возрастает емкость поглощения и степень насыщенности почвы основаниями, снижается кислотность.

Большое сельскохозяйственное значение имеет агромелиорация лугов, болот и кустарников. На обширных площадях заболоченных кочковатых и закустаренных лугов требуется осушение и расчистка с последующей распашкой, дискованием, фрезерованием. После обработки фрезой резко улучшается аэрация почвы и повышается содержание в ней азота и фосфора в доступной для растений форме. Обширные площади, занятые кустарниками в Нечерноземной зоне, после раскорчевки превращают в продуктивные луга.

Большое значение имеет искусственное утепление почв с использованием отходов промышленности (теплая сточная вода, теплые газы, пар, шлаки). Почву можно утеплить также внесением в нее большого количества органического вещества (навоз, компост).

Исключительные перспективы создаются для искусственного кольматирования почв — осаждения илистых наносов на поверхность малопродуктивных земель (болота, галечники, каменистые участки) для повышения плодородия или создания новых плодородных почв.

§ 72. Агролесомелиорация и окультуривание почв

Агролесомелиорация — выращивание защитных лесных и садовых насаждений для коренного улучшения почв и защиты их от ветровой и водной эрозии. Защитные лесные насаждения имеют весьма большое почвенно-мелиоративное значение: они способствуют повышению плодородия почв и улучшению условий для получения устойчивых высоких урожаев. Задерживая снег, лесные насаждения способствуют глубокому увлажнению почвы. Повышение влажности почвы и уменьшение испарения с поверхности ее улучшают водный режим и условия жизни растений. Увеличивающееся в почве количество растительной органической массы, отмирающей после вегетации, положительно влияет на ход почвообразования и окультуривания.

Ветрозащитное влияние лесных насаждений и лесных полос заключается главным образом в ослаблении интенсивности турбулентного обмена воздуха в приземном слое атмосферы.

Основная роль насаждений — почвозащитная и почвообразующая. Противоэрозионные лесные насаждения улучшают инфильтрацию атмосферных осадков. Они задерживают поверхностный сток, обусловливая некоторый кольматаж легких почв. Скорость водопоглощения под лесом во много раз выше, чем в поле.

Агролесомелиорация в безлесных районах оказывает сильное воздействие на почву, растительность и микроклимат, сглаживая температурные отклонения. Лесонасаждения надежно защищают полевые культуры от сильных суховеев в летнее время. Они ослабляют отрицательное влияние оттепелей зимой и препятствуют образованию ледяных корок на прилегающих полях. В более северных районах степей в период вегетации благодаря влиянию лесонасаждений отмечается некоторое утепление микроклимата, увеличивается (на 5—8 % и более) относительная влажность, снижается испаряемость (на 13—20 %), увеличивается количество атмосферных осадков (на 5—12 %) и мощность снежного покрова (на 30—60 %), вдвое уменьшается глубина промерзания почвы, благодаря чему уменьшается зимнее охлаждение ее, удлиняется снеготаяние (на 10—15 дней), заметно повышается влажность почвы к началу вегетационного периода, уменьшается поверхностный сток и увеличивается подземный, повышается транспирация, предотвращается смыв почв и обмеление водоемов.

По данным Валуйской опытной мелиоративной станции (А. П. Бирюкова), долголетние (с 1900 г.) лесонасаждения (вяз обыкновенный, клен татарский, акация желтая, крушина, чингиль) вносят существенные изменения в морфологические, физические и физико-химические свойства почв. Солонцовые почвы под влиянием лесонасаждений опресняются и рассолонцовываются, заметно реградируя. Мощность горизонта *A* увеличилась с 14 до 20—24 см. Под лесонасаждениями глубина карбонатного горизонта понизилась на 15—16 см. На целине в горизонте *A* фильтрация была в 15—20 раз меньше, чем под лесонасаждениями.

Древесные культуры в условиях орошения способствуют снижению уровня грунтовых вод и уменьшению угрозы вторичного засоления, противодействуют суховеям, уменьшают испарение, умеряют знойность микроклимата и т. д. Нельзя недооценивать расширение лесных площадей на каменистых обнажениях. Особенно большое значение агролесомелиорация приобретает на песках. Защитные лесные насаждения все большую роль играют в условиях подъема культуры земледелия.

§ 73. Окультуривание почв сточными водами

Сточные воды городских канализаций, поступающие в почву, обогащают ее растворенными и взвешенными удобрительными веществами. В 100 м³ сточной воды содержится столько же питательных веществ, сколько в 1—1,5 т навоза.

В сточной воде содержатся также вредные вещества и организмы (хлориды, сульфаты, карбонаты, соли натрия, тяжелые металлы, фенолы и другие химические вещества, яйца гельминтов, бактерии, в том числе патогенные и пр.). Эти воды имеют нейтральную или слабощелочную реакцию (pH 7—7,4) и относительно повышенную температуру.

Почва, как фильтр и поглотитель, очищает сточные воды от взвешенных и растворенных веществ, а также обезвреживает от микрофлоры, гельминтов и других организмов. Во влажных зонах сточные воды имеют главным образом удобрительное значение, а в сухих, кроме того, выполняют увлажнительную роль. Эти воды оказывают подщелачивающее и утепляющее действие на почву.

Упорядоченное орошение и удобрение сточными водами обогащают почву элементами зольного питания, улучшают ее структуру и водно-физические свойства. В почвах, орошаемых сточными водами, ускоренно минерализуются органические вещества. Обезвреживающая роль почвы возрастает в южном направлении вследствие удлинения вегетационного периода и повышения ее биологической активности. Поверхностные горизонты почвы поглощают взвешенные вещества. Там же адсорбируются коллоиды и значительная часть растворенных веществ. Некоторая часть сточных вод с растворенными и взвешенными веществами проникает в более глубокие горизонты почвы, задерживается там, создавая угрозу засоления. Влияние орошения сточными водами проявляется во всей толще почвы, иногда захватывает и почвообразующую породу.

Естественная биологическая очистка сточных вод связана главным образом с окислительными процессами. Окисление органического вещества сточных вод при биохимических процессах в почве сопровождается уменьшением концентрации и заметным изменением химического состава веществ, поступающих в нее. Уменьшается концентрация аммиака, образуются нитраты и нитриты. Окисление и нитрификация органических веществ протекает наиболее интенсивно на песчаных и супесчаных, несколько слабее на суглинистых и хуже на тяжелых суглинистых и глинистых, особенно на бесструктурных почвах. Под воздействием сточных вод в почве возрастает содержание гумуса и увеличивается мощность гумусового горизонта. Улучшение почв происходит при систематическом увлажнении сточными водами при влажности, не превышающей предельную полевую влагоемкость.

При избыточном количестве сточных вод почва «утомляется». В таких случаях она перенасыщается закисными и вредными для растений веществами, в результате чего на поверхности полей образуются участки без растительности. Избыточное увлажнение сточными водами сопровождается анаэробными процессами в почве с денитрификацией вследствие усиленного потребления азота на разложение клетчатки в сточных водах.

Для обезвреживания сточных вод и устранения потерь азота

необходимо поддержать аэробные условия почвообразования и подавлять анаэробные. Охрана почвы от загрязнения и санитарная безопасность достигаются предварительной очисткой сточных вод в специальных отстойниках и уловителях вредных веществ и организмов. Получающиеся при обезвреживании этой воды в отстойниках осадки после окисления запахивают в почву.

Перспективным является подпочвенное орошение (по кротодренам) сточными водами, которое вполне удовлетворяет санитарные, культурные и технические требования.

Орошением сточными водами и удобрением осадками из отстойников почву можно быстро окультурить и создать новые почвы на песках, галечниках, засоленных грунтах и других породах.

§ 74. Планировка поверхности

Под планировкой поверхности земли понимают выравнивание микрорельефных и реже мезорельефных неровностей. Проводят ее для более равномерного распределения поливной воды, равномерного увлажнения почвы, лучшей обработки ее и создания однородного почвенного покрова.

Различают разные виды планировки. Она может быть строительной и эксплуатационной, легкой и капитальной, частичной, выборочной и сплошной.

В начале освоения осушаемой или орошаемой территории проводят капитальную планировку, которую затем по мере необходимости дополняют частичной легкой. Выровненная поверхность с течением времени деформируется при осушении из-за неравномерного оседания, а при орошении от неравномерного увлажнения и набухания. При сезонном увлажнении, происходящем в течение длительного периода, местами происходит неравномерное поднятие поверхности, достигающее высоты 5—10 см и более. Вследствие суффозии местами возникает неравномерное оседание еще с большими амплитудами. Поверхность деформируется и под воздействием обрабатывающих машин, особенно на почвах разнородного механического состава. Для устранения вновь возникающих микрорельефных неровностей поверхности приходится периодически прибегать к повторной планировке, но в меньших размерах, чем первичная.

При выравнивании поверхности почву срезают с выпуклых элементов рельефа и засыпают его понижения, создавая заданные уклоны новой поверхности.

Глубина срезания и высота насыпания земли при планировке микрорельефа определяются свойствами и строением почвы. Глубокая срезка и насыпка допустимы только на почвах однородного механического состава и на почвах с мощным гумусовым горизонтом. Необходимо следить за тем, чтобы при срезании не был вскрыт подстилающий гравий, галечник, песок, солевой горизонт или оглеенный и уплотненный иллювий, что может резко снизить плодородие почвы.

При повторных планировках на орошаемой территории происходит заметное изменение форм поверхности земли. В предгорных районах с холмисто-волнистой поверхностью в результате многократных планировок возникает своеобразный вторичный террасовый рельеф. При планировке тяжелыми орудиями сильно влажных почв, не достигших физической спелости, происходит ухудшение структуры, в связи с чем неизбежно снижается плодородие почв и падают урожаи.

В первое время планировка может привести к понижению урожаев главным образом вследствие того, что гумусовый горизонт почвы на повышенных местах срезается полностью и обнажается нижележащий безгумусный горизонт. В пониженных местах, наоборот, гумусовый горизонт почвы может оказаться погребенным. Чтобы не допустить этого, планировку осуществляют дифференцированно — на отдельных участках и методом кулис. Для сохранения гумусового горизонта проводят глубокую вспашку с оборотом пласта на местах последующего срезания. Затем поверхность выравнивают, в результате чего гумусовый горизонт в местах срезов окажется на поверхности, а в понижениях он будет погребен. Вторичная глубокая вспашка с оборотом пласта в местах бывших понижений может частично или полностью возвратить гумусовый горизонт из погребенных слоев на поверхность.

На почвах с большими площадями микрорельефных неровностей почвенную массу гумусовых горизонтов до планировки сгребают в валы, которые после планировки равномерно распределяют по всей выровненной поверхности.

Нарушение строения почвенного профиля и снижение урожаев в результате планировки — явление неизбежное, но временное. Эти потери надо рассматривать как затраты на мелиорацию, которые затем быстро окупаются. На выровненной поверхности формируется относительно более однородная окультуренная почва. Положительная роль планировки как приема мелиорации почв проявляется всюду.

У сероземов, образующихся на лессе и формирующих лессовую толщу, вертикальный разрез слабо дифференцирован на горизонты и относительно однороден по физическим свойствам и химическому составу. Поэтому планировка поверхности таких почв не вызывает в них коренных изменений. Планировка ирригационных сероземов на слоистом засоленном аллювии террас осложняется тем, что при ее проведении могут обнажаться карбонатно-гипсовые и содержащие водорастворимые соли горизонты или песчаные и глинистые прослойки могут оказаться на поверхности земли. Планировка на каштановых почвах значительно сложнее, чем на сероземных. Мощность гумусового горизонта каштановых почв невелика (особенно светло-каштановых — 10—40 см), поэтому при планировке последних будет обнажаться подгумусовый горизонт. На черноземах допустима планировка с относительно глубокой срезкой без существенного изменения свойств почвы. Планировка поверхности почв таежно-лесной зоны требует особого внимания,

так как при срезании и перемещении гумусового горизонта может обнажиться бесплодный подзолистый горизонт.

Во всех почвенных зонах планировка требует одновременного применения дополнительных мероприятий, направленных на поднятие плодородия обнаженных нижних горизонтов. Временное снижение плодородия приходится компенсировать внесением повышенных норм органических и минеральных удобрений, а также проведением других дополнительных мероприятий по ускоренному окультуриванию.

В сильноэродированных районах планировкой можно создать новые крупные массивы ценных земель. В однородных рыхлых породах (элювий, делювий) планировка сводится к простому выравниванию мезорельефных неровностей. Такое выравнивание поверхности обычно приводит к полному разрушению природных почв. На сильноэродированных и неровных участках, а также на местах горных выработок это не может служить препятствием к проведению планировок, особенно когда на поверхность земли после планировки выступает однородная рыхлая горная порода, обладающая потенциальным плодородием. На таких породах в течение непродолжительного времени могут быть созданы новые высокопроизводительные почвы. К тому же эти породы позволяют создать любые необходимые уклоны поверхности.

Значительно сложнее планировка поверхности на слоистых и плотных породах. В этом случае может оказаться целесообразным завоз рыхлых грунтов с прилегающих элементов рельефа. Трудной является планировка скелетных (хрящеватых) и других маломощных почв, где недопустим выход на поверхность плотных подстилающих пород, а иногда и солеиосных образований.

Трудно выравнивать микрорельефные неровности в виде возобновляющихся микробугорков вспучивания и микроблюдец на слитых уплотненных почвах, в поймах рек. При срезании микробугорков обнажается глинистый пойменный аллювий типа иллювиальных горизонтов тяжелых солонцов. В условиях периодического затопления такие бугорки набухания и вспучивания восстанавливаются или возникают на новых местах. Там, как и на солонцах, солодях, подзолах и других почвах, не ограничиваясь механическим срезанием повышений и засыпкой понижений, приходится прибегать к известкованию кислых или гипсованию щелочных почв.

Глава XXI
ЭРОЗИЯ И ОХРАНА ПОЧВ

§ 75. Виды эрозии почв

Эрозия — разрушение горных пород и почв водой и ветром. На поверхности земли ей неизменно сопутствует аккумуляция. Интенсивность эрозии и аккумуляции зависит от климата, свойств почвы и почвообразующих пород, наклона поверхности, характера расти-

тельности, приемов сельскохозяйственного использования земель и т. д.

На неосвоенных землях эрозия почв проявляется незначительно. На землях сельскохозяйственного использования при нарушении природного равновесия разрушение почв местами протекает катастрофически быстро, принося большие бедствия.

Различают водную и ветровую эрозию. В гумидных (влажных) зонах преобладает водная, в аридных (сухих) — ветровая эрозия. Последняя также известна под названием дефляции (выдувание, развевание).

Природная эрозия, медленно протекающая без вмешательства человека, называется геологической, а ускоренно развивающаяся в результате нерациональной хозяйственной деятельности человека — антропогенной.

Все виды эрозии можно классифицировать следующим образом.

Эрозия и аккумуляция: замедленная (нормальная) — геологическая и ускоренная — антропогенная.

Водная эрозия: I — склоновая (делювиальная): 1) плоскостная: а) поверхностный смыв, б) мелкоструйчатый (ручейковый) смыв; 2) линейная: размыв крупноструйчатый с образованием промоин и рытвин;

II — овражно-балочная: а) вершинная, б) донная, в) боковая;

III — техническая (строительная, дорожная, ирригационная, дренажная, промышленная);

IV — речная (аллювиальная): 1) русловая: а) донная, б) боковая (миграционная); 2) пойменная: а) поверхностная, б) боковая (абразионная);

V — береговая волноприбойная (абразия): 1) водоемная (береговая эрозия водохранилищ, озер, лагун, прудов); 2) морская.

Ветровая эрозия (эоловая, дефляция): 1) местная, 2) зональная, пыльные (черные) бури.

Наибольший вред наносит склоновая водная эрозия (смыв и размыв) и овражная, а также дефляция, проявляющаяся в форме пыльных бурь.

В районах проявления ветровой эрозии на местах бывших плодородных почв возникают развеянные бесплодные земли или участки, перекрытые навеянными песками и пылеватыми эоловыми наносами, иногда в виде плащеобразных чехлов разной мощности или гряд и даже барханов. Такие образования нередко наступают на населенные пункты и дороги, засыпая их.

Водная эрозия причиняет вред дорожному строительству, населенным пунктам, вызывает заиление водохранилищ и русл рек. С эрозией почв в горных районах во влажные годы связаны разрушительные селевые потоки. Местами большой ущерб наносит береговая абразионная и боковая русловая эрозия, разрушающая крупные массивы ценных угодий. В результате нарушения поверхности земли при строительстве и разработках полезных ископаемых возникает техническая эрозия.

При размыве разрастается овражно-балочная сеть, сильно рас-

членяющая пологие склоны и даже выровненные водораздельные пространства, занимаемые плодородными почвами. Продуктами эрозии засоряются, заносятся и заболачиваются пойменные луга и другие угодья, заиляются реки, ручьи, пруды и большие водоемы.

§ 76. Водная эрозия

Водная эрозия — результат размывающей деятельности воды на поверхности земли. Она возникает в местах выраженного поверхностного стока. Интенсивность ее определяется многочисленными факторами, которые делятся на две группы: природные (рельеф, климат, геологическое строение и состав горных пород, почвы, растительность) и социально-экономические (производственная деятельность человека). Водная эрозия определяется поверхностным стоком и глубиной базиса эрозии, крутизной, длиной и формой склона. На коротких и пологих склонах (до 1°) эрозия почти не развивается, на покатых и крутых склонах она резко выражена и тем сильнее, чем больше угол наклона и относительно длиннее склон (табл. 49).

49. **Классификация склонов** (Брауде, 1959)

Склоны, берега, откосы	Угол наклона $\alpha°$	$tg\ \alpha$
Пологие	3	<0,052
Слабопокатые	4—5	0,070—0,087
Покатые	6—10	0,105—0,176
Крутые	11—20	0,194—0,364
Очень крутые	21—30	0,384—0,577
Обрывистые	31—45	0,600—1,000
Очень обрывистые	46—70	1,035—2,747
Отвесные	71—90	2,904—∞

Критическая крутизна склона, где начинается интенсивный размыв, определяется зональными и местными условиями, особенно поверхностным стоком, зависящим от характера угодья (пашня, залежь, выгон, луг, кустарник, лес).

Чем круче и длиннее склон, тем сильнее разрушительная работа воды. Южные склоны эродируются значительно сильнее северных. Выпуклые склоны подвержены водной эрозии больше, чем вогнутые. На выпуклых склонах эрозия усиливается с нарастанием крутизны вниз по склону, а на вогнутых — ослабляется вниз вследствие уменьшения крутизны склона и снижения скорости потоков талых и дождевых вод. На выпуклых склонах преобладают смытые почвы, а на вогнутых в нижней части — намытые (рис. 48). На склонах вначале развивается делювиальная эрозия, которая выражена плоскостным смывом, предшествующим размыву. Она является первой стадией эрозии, а линейная — второй. Плоскостная и линейная эрозия обычно протекают совместно.

После поверхностного смыва, а местами независимо от него на-

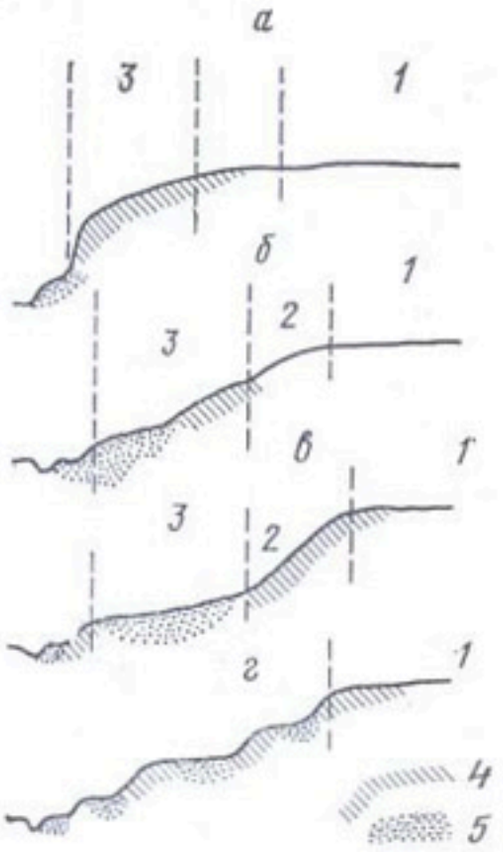


Рис. 48. Расположение смытых и намытых почв по профилю склонов различной формы (по Н. И. Сусу):

а — выпуклый склон; *б* — прямой склон; *в* — вогнутый склон; *г* — ступенчатый склон; *1* — водораздельная часть склона; *2* — приводораздельная часть склона; *3* — прибалочная часть склона; *4* — смытые почвы; *5* — намытые почвы.

чинается образование оврагов по следующим этапам: 1) формирование рытвин и промоин, дно которых повторяет профиль поверхности склона; 2) образование оврагов с растущими вершинами; 3) развитие оврагов с профилем дна, разделяющимся на три части (верхнюю — область преимущественного донного размыва, среднюю — область преимущественного переноса и нижнюю — область преимущественного отложения, где начинает проявляться боковая эрозия, сопровождаемая аккумуляцией наносов); 4) затухание донного размыва при достижении профиля равновесия, сопровождающееся выполаживанием, закреплением и задернением склонов и дна. Овраг, отмирая, переходит в стадию балки с пологими задернованными склонами и широким дном часто без выраженного русла. Иногда на дне при возобновлении линейной эрозии возникает новое русло.

Водная эрозия находится в прямой зависимости от климата. Она сильнее выражена при большом количестве и высокой интенсивности атмосферных осадков летом и таянии снежного покрова весной. Последнее особенно ярко выражено на склонах южной экспозиции. Увеличению эрозии способствует глубокое промерзание почвы вследствие сокращения инфильтрации в период снеготаяния. Сильное влияние на водную эрозию оказывает растительный покров, увеличивающий шероховатость поверхности и задерживающий поверхностный сток. Велика противоэрозионная роль лесной растительности, которая приостанавливает и затем прекращает эрозию. Растительность, особенно луговая, оказывает также прямое и косвенное противоэрозионное действие, препятствуя стоку, обогащая почву гумусом и делая ее более структурной, водопроницаемой и влагоемкой. Такую же роль в какой-то степени выполняет и сохраняющаяся стерня.

Каждому типу почвы соответствует свой характер эрозионного процесса. Менее устойчивы к эрозии почвы степей, более устойчивы почвы влажных областей; почвы других областей занимают промежуточное положение. На почвах с однородным строением преобладает поверхностный смыв, а на почвах с более сложным профилем, где увеличивается склонность к глубинной эрозии, — линейный размыв. Благодаря меньшему количеству осадков почвы

Рис. 49. Эродированный берег р. Волги ниже Саратова

южной части степной зоны эродированы слабее, чем северной. Более стойки против водной эрозии структурные черноземы, менее стойки — бесструктурные относительно уплотненные почвы. Сильнее эродируются легкие солонцеватые и карбонатные почвы.

Между физическими свойствами почв и процессами эрозии существует прямая зависимость. Так, если водопроницаемость превышает интенсивность выпадения осадков, то поверхностного стока и эрозии не бывает. Большое значение имеют предэрозионная влажность почвы и характер выпадения осадков. С увеличением влажности почв водопроницаемость уменьшается, а поверхностный сток увеличивается по сравнению с относительно более сухой почвой. Водная эрозия сильнее выражена на уплотненных лессовидных породах и слабее — на моренных суглинках, флювиогляциальных и других водопроницаемых породах.

С уничтожением верхних более стойких к эрозии рыхлых, влагоемких и водопроницаемых горизонтов смыв почвы резко возрастает и уплотненные нижние слои размываются сильнее.

Развитию водной эрозии способствуют вспашка и рядовой посев вдоль склонов, а также распашка крутых (больше 10—15°) склонов, бровок и ложбин балок, неурегулированная пастьба скота, беспорядочная вырубка леса и кустарников, освоение песчаных целинных и залежных земель без применения противоэрозионных землеустроительных и агротехнических мероприятий.

Эрозия приурочена к повышенным элементам рельефа, главным образом правобережных приречных районов — Среднерусская возвышенность, Прикарпатье, Приволжская возвышенность (рис. 49), Приднепровье, Донецкая возвышенность, Ставропольская возвышенность, высокое Заволжье, Общий Сырт и Приуралье, правобережье рек Оби, Иртыша, предгорья Салаира и Алтая, Крым, Кавказ, Урал, Средняя Азия и др. В пределах ледниковых областей эрозия обусловлена размывающей деятельностью талых вод ледника и местных скоплений снега.

§ 77. Ветровая эрозия

Ветровая (эоловая) эрозия наиболее широко распространена в аридных (сухих) зонах и развивается на различных элементах рельефа, обусловливая возникновение особых эоловых форм поверхности земли и эоловых наносов.

В зоне неустойчивого увлажнения ветровая эрозия проявляется в виде местного развевания (дефляции) и пыльных (черных) бурь. Последние нередко возникают весной, когда почва еще не покрыта растительностью и сильно иссушена. Летом развевается почва на парах и полях, занятых пропашными культурами.

Пыльные бури возникают при ветрах любого направления и в разное время года, даже зимой. Очагами их возникновения являются зябь и посевы поздних озимых культур. Воздух становится черным от поднявшегося огромного количества пыли.

Распашка почв в аридных условиях без противоэрозионной защиты их приводит к развеванию гумусового пахотного и даже подстилающих горизонтов почвы с образованием выдувов, барханов, гряд и сложного эолового микрорельефа. Ветровая эрозия приводит к формированию особых перевеянных почв.

Ветер в приземном слое при скорости, превышающей 15 м/с (шквальный — до 45 м/с), распыляет верхние горизонты почвы и вовлекает огромные массы мелких почвенных частиц ($<0{,}1$ мм) в воздушный поток. Эоловая пыль часто переносится на многие сотни километров от очагов выдувания.

Ветровая эрозия развивается также на наветренных склонах и на ровной поверхности в результате поземки — местного распыления и перемещения почвенных частиц по поверхности. При поземке относительно крупные частицы почвы (комочки меньше 1 мм), перекатываемые ветром и скачкообразно (через 3—4 м) перемещаемые, засекают молодые неокрепшие растения — повреждают и губят посевы на десятках и сотнях тысяч гектаров. Дефляция и черные бури, часто протекающие совместно, наносят большой ущерб сельскому хозяйству. При ветровой эрозии развеваемые пески наступают на поля и населенные пункты.

Дефляция меньше выражена на влажных и потому более связных почвах, на которых возрастает защитная роль хорошо развитой растительности. При изреженной растительности и большем иссушении почва распыляется сильнее. Глубокоукоренившиеся и хорошо развившиеся растения могут оказывать исключительно большое сопротивление дефляции. При нарушении растительного покрова местная дефляция, взаимодействуя с пыльной бурей, при шквальном ветре опустошает новые распашки и поля, занятые неукоренившимися растениями.

На юге Западной Сибири и в Казахстане ветровая эрозия захватила большие территории. В первую очередь там распылялись легкие распаханные почвы, а затем и более тяжелые связные карбонатные.

Атмосферная пыль повсеместно и во все времена принимала участие в почвообразовании. Особенно заметно ее влияние на развитие почв в зоне сухих степей, где в почвенном разрезе на разной глубине встречаются гумусовые прослойки и даже ископаемые гумусовые горизонты. Гумусовые прослойки свидетельствуют о кратковременных перерывах в перевевании почв и местном задернении поверхности, а вполне сформированные гумусовые горизонты — о более длительных перерывах в перевевании.

Ветровая эрозия обусловливает образование особого рода эоловых форм рельефа — выдувов, в развитии которых прослеживается некоторая стадийность. Сначала возникают плоские малоуглубленные, мозаично изрезанные коррозией выдувы в форме разрастающихся пятен, лишенных растительности. Такие пятна в дальнейшем превращаются в выдувы-углубления с более крутой наветренной стороной, окаймленной буграми песка, задержанного растительностью. Затем выдувы углубляются и деформируются. Углубление, достигнув карбонатных горизонтов почвы, не останавливается, а даже усиливается. Карбонатность в засушливых условиях придает тяжелым почвам свойства, присущие легким, в связи с микроагрегированием тонких глинистых частиц. Поэтому черноземные и каштановые почвы относительно тяжелого механического состава, высыхая, легко распыляются. Тяжелые некарбонатные черноземы и каштановые почвы, а также лугово-черноземные и лугово-каштановые почвы почти не подвергаются дефляции.

§ 78. Классификация эродированных почв

По степени эродированности выделяют следующие группы почв: не затронутые эрозией, слабоэродированные, сильноэродированные, разрушенные эрозией. Слабо- и сильноэродированные почвы могут быть нивелированы окультуриванием и будут отличаться между собой по степени окультуренности. Разрушенные эрозией почвы по обнаженным почвообразующим породам подразделяются на две подгруппы: 1) рыхлые породы, пригодные для облесения, залужения, окультуривания и создания пахотного слоя после капитальной планировки поверхности; 2) каменистые, плотные породы (выходы мела, опоки, песчаников, доломитов, известняков, сланцев, кристаллических изверженных и метаморфических пород), на которых обычными методами нельзя сформировать пахотный горизонт и не везде возможно облесение и залужение.

Почвы, подверженные водной эрозии, могут быть дифференированы по смытости и намытости. По степени смытости эродированные почвы классифицируются следующим образом (по С. С. Соболеву): слабосмытые (смыто не более половины горизонта A_1); среднесмытые (смыто более половины горизонта A_1); сильносмытые (смыт весь горизонт A и частично B); очень сильносмытые (смыты полностью горизонты A и B).

По степени покрытия почвы наносами различают: слабонамытые (мощность наносов менее четвертой части мощности пахотного горизонта); мелконамытые (мощность наносов составляет половину пахотного горизонта); умеренно намытые (мощность наносов достигает мощности пахотного горизонта); глубоко погребенные (мощность наносов значительно превышает мощность пахотного горизонта). Различают также нормально намытые почвы, у которых намытый горизонт лежит на неэродированных почвах; вторично намытые — на эродированных почвах и почвы, погребенные двухъярусными и многоярусными наносами, с ископаемыми, гумусовыми образованиями.

Сложнее классифицировать почвы, подверженные ветровой эрозии, тем более что они необычайно изменчивы в течение короткого времени в связи с резко выраженной динамикой эрозии. Повреждение почв выдувами определяется размерами площадей выдувов (в процентах от общей площади, подверженной выдувам).

В степных районах Восточной и Западной Сибири различают: мелкие выдувы (до 30 см); углубленные (30—70 см); глубокие (70—120 см); очень глубокие — котловины выдувания (более 120 см глубины). Угодья группируют также по мощности эоловых наносов. Различают степень повреждения всходов зерновых культур от засекания их мелкоземом: слабую, среднюю, сильную, очень сильную.

На основе классификации эродированных почв и картографического материала, отражающего ее, предусматривают систему противоэрозионных мероприятий.

§ 79. Охрана почв и борьба с эрозией

В постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О неотложных мерах по защите почв от ветровой и водной эрозии» (1967 г.) отмечается, что борьба с эрозией — одна из важнейших государственных задач. «Основы земельного законодательства Союза ССР и союзных республик» (из Закона СССР, 1968 г.) обязывает землепользователей проводить противоэрозионные мероприятия и охрану земель. Предусмотрен строгий государственный контроль за правильным использованием и охраной земель: «Землепользователи обязаны проводить эффективные меры по повышению плодородия почв, осуществлять комплекс организационно-хозяйственных, агротехнических, лесомелиоративных и гидротехнических мероприятий по предотвращению ветровой и водной эрозии почв, не допускать засоления, заболачивания, загрязнения земель, зарастания их сорняками, а также других процессов, ухудшающих состояние почв...

Специальной охране подлежат сельскохозяйственные угодья, особенно орошаемые и осушенные земли. Колхозы, совхозы, другие предприятия, организации и учреждения, пользующиеся землями сельскохозяйственного назначения, обязаны охранять, восстанавливать и повышать плодородие почв.

Промышленные и строительные предприятия, организации и учреждения обязаны не допускать загрязнения сельскохозяйственных и других земель производственными и другими отходами, а также сточными водами...»

Законом предусматривается охрана почвенного покрова земель, используемых в промышленных и иных целях: «Предприятия, организации и учреждения, осуществляющие промышленное или иное строительство, разрабатывающие месторождения полезных ископаемых открытым способом, а также проводящие другие работы, связанные с нарушением почвенного покрова, обязаны снимать и хранить плодородный слой почвы в целях использования его для

рекультивации земель и повышения плодородия малопродуктивных угодий».

Закон обязывает землепользователей проводить противоэрозионные мероприятия на всех землях, подверженных водной и ветровой эрозии, осуществлять посадку полезащитных лесонасаждений, облесение и закрепление песков, оврагов и крутых склонов.

Борьба с ветровой и водной эрозией ведется различными методами в разных зонах страны, но борьба с дефляцией неотделима от борьбы по прекращению водной эрозии. Борьба с эрозией почв является одной из разновидностей мелиорации, которая должна быть систематической, осуществляемой под постоянным контролем.

Борьба с эрозией почв в основном должна быть направлена на устранение причин, порождающих ее, а не только против последствий этого явления. Эту борьбу необходимо проводить не на отдельных участках земной поверхности, а на обширных целостных территориях, не ограничиваясь, например, гидрографической сетью или частью водосбора, а охватывать крупные бассейны и системы рек.

Мероприятия по борьбе с эрозией делятся на предупредительные (профилактические) и активные, которые на практике применяются одновременно. Очень важно предотвратить эрозию, а если она возникла, остановить и ликвидировать ее последствия.

К предупредительным мероприятиям относятся противоэрозионная организация территории хозяйств, обоснование конфигурации землепользования в целом и по составным его частям, расположение границ по естественным рубежам и экспозициям склонов, целесообразное определение местоположения населенных пунктов и отделений хозяйства без сокращения площадей высококачественных земель, правильная разбивка дорожной сети и подъездных путей, рациональное соотношение и размещение угодий с учетом предупреждения возможной водной и ветровой эрозии, размещение пахотных угодий на выровненных, не угрожаемых размывом местах с оставлением лесонасаждений на склонах различной крутизны, размещение пастбищ на не подверженных эрозии почвах, облесение оврагов и развеваемых песков и т. д.

Противоэрозионная организация территории, разработка проекта противоэрозионных мероприятий и осуществление их требуют составления специальных почвенно-эрозионных и технологических карт на основе использования всего существующего планово-картографического материала (топографические и почвенные карты, картограммы, аэрофотопланы и др.). На основе картографического материала проводится строго обоснованная трансформация угодий — замена одних другими, обеспечивающая введение почвозащитных севооборотов и противоэрозионное соотношение пашни, лугов, пастбищ, лесов и других земель. Картографический материал служит основой районирования территории по интенсивности проявления эрозионных процессов.

§ 80. Борьба с водной эрозией

Между процессами эрозии и свойствами почвы, особенно физическими, существует тесная зависимость. Поэтому весьма важно борьбу с эрозией почв строго увязывать с характером почв и всем ходом почвообразования. Борьбу с эрозией следует проводить на всем водосборе — не только на склонах, но и на водоразделах. Для поглощения выпадающих осадков поверхность почв водораздельных пространств постоянно поддерживают в рыхлом состоянии, для чего разрушают почвенную корку, плужную подошву и водонепроницаемые прослойки. Противоэрозионные мероприятия необходимо применять только в комплексе, так как одни не могут быть заменены никакими другими. Систему противоэрозионных мероприятий разрабатывают и применяют с учетом формы земной поверхности и почвенно-климатических условий. Сложные формы земной поверхности, активизирующие водную эрозию, требуют замены обычной прямолинейной обработки так называемой контурной обработкой почв, параллельной горизонталям местности.

К профилактическим мероприятиям относятся запрещение вспашки по направлению уклонов, а также распашки приовражных и прибровочных полос шириной 20—30 м и более, в зависимости от склона и характера почв. Запрещается выпас на площадях, подверженных эрозии, так как пастьба приводит к уплотнению почв, разрушению дернины, уменьшению водопроницаемости их и усилению эрозии даже на относительно слабонаклонной поверхности.

В борьбе с эрозией почв на поверхности земельных угодий создают спокойный сток, уменьшая его до минимума. Поверхностный сток регулируют задерживанием воды на водосборной площади, снижением скоростей стекающей воды, раздроблением струй и ослаблением их силы. Достигается это бороздованием поверхности, лункованием, устройством валиков и каналов по горизонталям поверхности после вспашки, восстановлением комковато-зернистой структуры, применением химических мелиораций (гипсованием).

К мерам борьбы с эрозией почв относятся: бороздование и создание искусственного микрорельефа, аккумулирующего сток талых вод и атмосферные осадки; задержание поверхностного стока на приводораздельных пространствах; поддержание поверхности почвы на плоских водоразделах в рыхлом состоянии; контурная вспашка по горизонталям; безотвальная вспашка с сохранением стерни; устройство оградительных канав и валиков; закрепление поверхности растительностью, тщательная планировка эродированной поверхности; замена поверхностного полива дождеванием, подпочвенным орошением.

В зонах интенсивного проявления эрозии применяют почвозащитную систему земледелия. В эрозионно-опасных районах коренным образом изменяют систему обработки почв. Отказываются от обычной обработки отвальными плугами, дисковыми лущильниками, зубовыми боронами, обычными гладкими катками; применяют

минимальную обработку, не допуская распыления комковатой структуры пахотного горизонта. Обработкой почвы в комплексе с другими приемами создают прочную структуру почвы, обеспечивая водоустойчивость поверхности пашни.

В засушливых областях большое значение имеет безотвальная система обработки почвы с сохранением стерни, посев зерновых культур специальными стерневыми сеялками, полосное возделывание сельскохозяйственных растений, обработка почвы и посев по горизонталям, ранняя обработка почвы под озимые с расчетом укрепления культур.

Действенной мерой борьбы с эрозией местами является посев высокостебельных растений кулисами, располагаемыми поперек склона для задержания снега на полях, что уменьшает глубину промерзания почвы и тем самым создает условия для лучшего поглощения влаги. На эрозионно-опасных и подверженных эрозии участках эффективны посевы многолетних трав. Хорошие результаты дает подсев к озимой культуре быстро отрастающих яровых растений (горчицы, сурепки, рапса и др.), задерживающих снег на полях.

Применяют глубокую ступенчатую и гребнистую (без выворачивания на поверхность безгумусных горизонтов) вспашку поперек склонов, а также прерывистое бороздование, щелевание и другие способы задержания талых и ливневых вод. Этой же цели служит обвалование полей, осуществляемое повторной вспашкой плугами всвал. Хорошее действие оказывают буферные посевы вдоль горизонталей склона полосами шириной, необходимой для поглощения поверхностного стока. Расстояние между буферными полосами (30—60 м) и ширина (3—6 м) их зависят от зональных климатических условий, генезиса и механического состава почв. На склонах более 2°, где зяблевая вспашка поперек склонов не ослабляет поверхностного стока, рекомендуются дополнительные меры — бороздование в комплексе с обвалованием земляными валиками через 15—30 м. Борозды могут быть сплошными или прерывистыми. На Северном Кавказе, в Абхазии, Молдавии, районах ливневой эрозии на посевах пропашных культур устраивают ливнеотводные борозды через каждые 10—20 м с уклоном, вдвое меньшим крутизны склона, и с выведением их в задернованные и заросшие кустарником и лесом ложбины, не подвергающиеся размыву. Кроме временных, ежегодно возобновляемых валиков, плантажным плугом устраивают постоянные земляные валы с широким основанием высотой 25 см и более.

Для предотвращения водной эрозии применяют пожнивные и подсевные культуры, перекрестный и узкорядный посевы. Чистые пары обрабатывают только полосами (шириной 100—150 м), чередуя их с посевами различных культур.

При распашке легких целинных земель через каждые 100—150 м оставляют полосы нераспаханной целины шириной 5—10 м. На крутых склонах по горизонталям оставляют или создают при распашке и посеве травяные буферные полосы. Подобные же

полосы оставляют или создают вдоль бровок балок и оврагов, сочетая с обвалованием по горизонталям местности.

На легких почвах и склонах 3—6° и более, помимо безотвальной поперечной обработки, применяют почвозащитные севообороты с размещением многолетних трав и однолетних культур полосами шириной 20—30 м. При утяжелении механического состава ширина полос, занятая сельскохозяйственными культурами, может быть удвоена. Поля почвозащитных севооборотов в форме удлиненных полос располагают только поперек склонов, защищая от размыва и заиления нижележащие поля сплошных посевов.

На сильноэродированных почвах вводят специальные почвозащитные полевые и кормовые севообороты с большой насыщенностью многолетними травами. В наиболее эрозионно-опасных местах проводят постоянное залужение многолетними травами с последующим использованием этих трав в качестве сенокосов и пастбищ.

В субтропиках на склонах до 15° применяют шпалерную (бордюрную) посадку кустов чая поперек склонов с междурядьями около 1,5 м. Это приводит к самотеррасированию склонов и ослаблению эрозионных процессов.

В борьбе с эрозией почв косвенную роль играют такие мелиоративные мероприятия, как внесение органических и минеральных удобрений, а также известкование, гипсование, кислование и т. д.

На эрозионно-опасных участках применяют поверхностные способы улучшения с сохранением дернины, что достигается поверхностным внесением удобрений и обработкой специальными орудиями типа щелерезов и плоскорезов. Восстановление плодородия смытых почв, внесение азотных и фосфорных удобрений, сидерация способствуют прекращению смыва. Благодаря применению органических удобрений (навоз, торф, компост) улучшается структура почв, обеспечивающая лучшую водопроницаемость, поглощение воды и уменьшение смыва. Органические и минеральные удобрения, ускоряющие развитие выращиваемых культур, способствуют защите почв от эрозии.

В борьбе с эрозией заслуживает внимание искусственное оструктуривание почв с помощью клеящих веществ типа торфяного клея, латексов и их смесей, а также полимеров на основе акриловой кислоты (полиакриламиды).

Инженерно-технические меры борьбы с эрозией почв могут быть профилактическими (предупредительными), применяемыми на эрозионно-опасной территории, и активными. Активные меры состоят из инженерных приемов устранения возникшей эрозии: крепление склонов и дна оврагов дерниной, камнем, фашинами, бетоном, а также устройство быстротоков, лотков, перепадов, ложбин, террас, запруд, плотин, плетней, нагорных и ловчих канав.

Простейшими инженерно-техническими устройствами в виде обвалования и окаймления канавами вершин растущих оврагов в комплексе с закреплением лесными полосами по горизонталям местности может быть полностью прекращена регрессивная эрозия.

На склонах до 2—3° с площадью водосбора не более 15 га устраивают водозадерживающие валы высотой до 1,5 м трапецеидальной формы при ширине поверху 2—2,5 м. Валы засевают травами. Эти же валы могут быть сделаны на склонах большей крутизны для водосборов, не превышающих 5 га. На крутых склонах до 20° для прекращения эрозии прибегают к террасированию, а на склонах более 25—30° — к выращиванию леса в комплексе с канавами и валами.

Для полного задержания стока иногда приходится строить валы и канавы в несколько линий. Валы и канавы на склонах в результате длительной аккумуляции наносов приводят к самотеррасированию. В оврагах и балках для прекращения донной и боковой эрозии строят пруды, водоемы. Дно и откосы укрепляют дерниной, фашинами и даже каменной кладкой в местах, где это целесообразно.

На участках, сильно расчлененных линейным размывом, когда требуется объединить разрозненные участки в единые массивы или устранить резкие переломы рельефа и обеспечить лучшие условия для контурной обработки почв, приходится прибегать к специальной противоэрозионной планировке землеройными машинами. Такое выравнивание возможно и с помощью гидромеханизации. На однородных материнских породах возможна глубокая планировка, вплоть до засыпки небольших оврагов. Для этого перед засыпкой оврагов бульдозерами с двух сторон от оврага полосой в несколько метров в зависимости от глубины размыва снимают окрашенные гумусом горизонты и собирают их в валы за пределами территории выравнивания. Обнаженные слои почвогрунта бульдозерами перемещают в овраг, затем перекрывают гумусовым слоем с трамбовкой гусеничными тракторами. Большие выемки засыпают со средней части, сдвигая грунт вниз по склону и создавая выположенные откосы запроектированной величины. Потом со смежного вышележащего участка такой же площади бульдозером перемещают массу гумусовых горизонтов на выположенный откос. Затем проводят залужение посевом многолетних трав. Вновь созданную поверхность держат в состоянии постоянного залужения или пропускают через ротацию почвозащитных севооборотов. На месте сильно расчлененной размывом территории в короткое время могут быть созданы высокопродуктивные окультуренные почвы.

В оврагах и балках на склонах 8—12° возможно одностороннее устройство террас шириной до 4 м и более под сады и лесопосадки (рис. 50).

Ирригационную эрозию предотвращают инженерно-техническими мерами — дополнительной планировкой и террасированием поверхности, армированием каналов, применением прогрессивных способов техники полива (переходом на полив дождеванием или подпочвенное орошение, использование поливной струи с переменным расходом, уменьшение уклона борозд, механизированный полив, рассчитанный на пропуск оптимальной не эродирующей струи и др.).

Рис. 50. Схема устройства террас различных типов (по И. Д. Брауде):

1 — террасы траншейного типа, применявшиеся в Крыму при облесении горных склонов вблизи г. Феодосии; *2* — террасы-канавы Аман-Кутанского типа; *3* — террасы-канавы Акташского типа; *4* — террасы-канавы Закавказского типа; *5* — траншеи, применяющиеся при облесении гор.

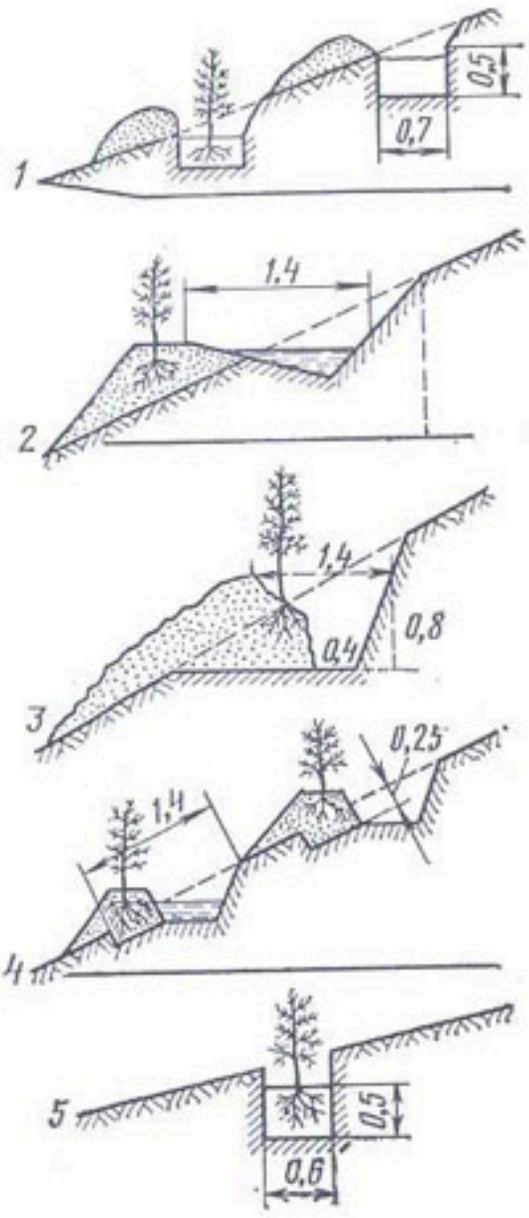
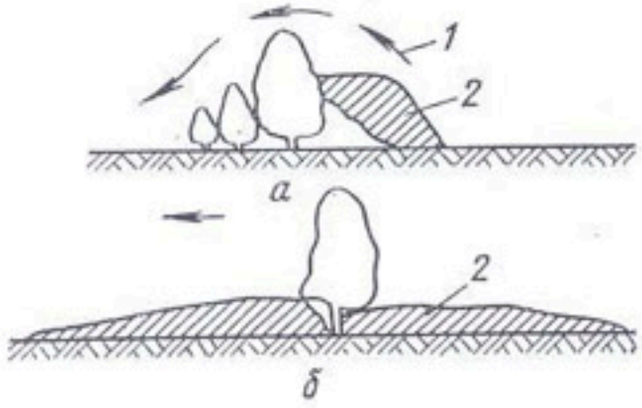


Рис. 51. Схема ветрового потока около лесной полосы:

а — плотная лесная полоса; *б* — продуваемая лесная полоса; *1* — ветровой поток; *2* — отложение снега.



Борьба с эрозией на осушаемых почвах может быть также профилактической и непосредственной. Особенно важно не допускать размывов осушительных каналов. В подзолистых и глеевых горизонтах заболоченных и болотных почв их делают с минимальными уклонами.

Лесомелиорация — важное противоэрозионное мероприятие. К ней относится облесение склонов; корни растений хорошо скрепляют почву, способствуют улучшению ее структуры. Под защитой лесной подстилки, подлеска и травостоя увеличивается водопроницаемость почвы и почти полностью перехватывается поверхностный сток, задерживается и накапливается снег, уменьшается сила ветра. Лесная растительность кронами ослабляет действие капель, частично задерживает выпадающие осадки и способствует их испарению.

Защитное лесоразведение в степных и лесостепных районах — одно из важнейших мероприятий по охране почв от вредного влияния засух, выдувания, смыва и размыва. Лесные полосы способствуют улучшению водного режима и поднятию плодородия почв (рис. 51).

Под лесом и кустарником почва промерзает меньше и рано оттаивает, благодаря чему возрастает вертикальное дренирование и поверхностный сток переводится во внутрипочвенный. Под лесом эрозия прекращается даже на крутых склонах.

Защитные лесонасаждения разделяются на следующие группы

и виды: водорегулирующие — лесные и садовые полосы шириной 10—20 м, узкие полезащитные лесные и садовые полосы для снегозадержания на водоразделах и пологих склонах шириной до 20 м, широкие противоэрозионные стокопоглощающие лесные насаждения в виде полос на пологих склонах, вдоль балок, ложбин и оврагов шириной от 20 до 60 м; закрепляющие — сплошное или куртинное облесение земель, непригодных для сельскохозяйственного использования, донные древесно-кустарниковые лесные насаждения; водоохранные — насаждения по берегам рек, озер, прудов, водоемов и каналов.

Особое внимание уделяют сохранению лесов водоохранного значения вдоль крупных рек, в районах водных источников и вдоль горных рек, где повторяются селевые потоки.

Состав древостоя лесонасаждений определяется почвенно-климатическими и геоморфологическими условиями. Так, для облесения крутых склонов и каменистых мест пригодны дуб, клен полевой, груша дикая, яблоня лесная. Для облесения берегов используют иву, тополь, кустарниковые породы.

§ 81. Борьба с ветровой эрозией

Дефляция начинает проявляться при скорости ветра около 15 м/с. Только агрегаты и почвенные частицы крупнее 1—2 мм эрозионно-устойчивы. Это говорит о том, что силу ветра необходимо всеми путями снижать, не допуская до критической, а в поверхностных горизонтах почвы создавать противоэрозионный агрегатный состав. Пресечение лавинного эффекта дефляции достигается максимальным уменьшением скорости ветра в приземном слое воздуха, созданием ветроустойчивой поверхности, а также формированием развитого травостоя сельскохозяйственных культур, сохранением стерни, накоплением и бережным использованием почвенной влаги.

Для борьбы с ветровой эрозией рекомендуется следующая схема мероприятий.

А. Общие мероприятия по охране почв от ветровой эрозии.

I. Картирование эрозионно-опасных земель: 1) составление эрозионно-мелиоративных карт, 2) районирование, 3) составление противоэрозионных проектов и технологических карт.

II. Организация охраны почв: 1) запрещение распашки эрозионно-опасных земель, 2) сокращение поверхностных обработок почв.

Б. Мероприятия по увеличению эрозионной сопротивляемости почв.

I. Увеличение влажности почв: 1) правильные севообороты, 2) безотвальная пахота, 3) своевременное лущение стерни, 4) снегозадержание.

II. Улучшение структуры и создание комковатой ветроустойчивой поверхности: 1) внесение удобрений, способствующих развитию почвозащитных культур, 2) противоэрозионные севообороты

(полосное размещение культур и многолетних трав), 3) залужение ветроударных участков, 4) создание противоэрозионного макро- и микросостава почв.

III. Укрепление поверхности развеваемых почв: 1) прикатывание, 2) создание почвенных агрегатов с помощью полимеров и других клеящих веществ, 3) задернение непахотопригодных земель, 4) кольматирование и глубокое мульчирование песчаных почв.

В. Мероприятия по ослаблению воздействия ветра на почву.

I. Механические преграды: 1) бороздование пашни, 2) валование и прикатывание снега.

II. Растительные преграды: 1) полевые культуры в севообороте, сохранение стерни и безотвальная вспашка, ранняя озимь, дополнительные подзимние культуры, полосное земледелие, 2) специальные защитные культуры — кулисы высокостебельных растений, буферные травяные полосы, 3) лесомелиоративные мероприятия — подбор лесных культур, расчет и обоснование густоты сети взаимодействующих лесных полос, посадка ветроломных лесных полос.

Поля с сильно укоренившейся растительностью противостоят дефляции. Почва не эродирует, если она к моменту пыльных бурь не вспахана и хорошо покрыта стерней или другими остатками предшествующих культур. Стерня и травостой погашают силу ветра в приземном слое воздуха, способствуют относительно большему увлажнению почвы, задерживая атмосферные осадки и защищая ее от иссушения. Влажная почва не распыляется даже при сильных ветрах. Чем легче почва, тем она лучше должна быть покрыта стерней.

Основные противоэрозионные мероприятия должны быть направлены на ослабление силы ветра. Этого достигают применением лесных полос из быстрорастущих пород и кулис из высокостебельных хорошо укореняющихся культур (кукуруза, подсолнечник, сорго и др.). Ветровую эрозию уменьшают защитные полосы из стеблей пропашных растений. Кулисы на полях задерживают снег, утепляя посевы, накапливают влагу и защищают озимь от выдувания. Чтобы уменьшить развевание, рекомендуется осеннее и весеннее прикатывание озимых, а также задернение непахотных развеваемых земель.

Уменьшения и прекращения ветровой эрозии на тяжелых карбонатных почвах можно достичь созданием водопрочной структуры. В борьбе с ветровой эрозией на равнине применяют различные лесомелиоративные и агротехнические мероприятия. Большое значение имеют профилактические меры борьбы. В первую очередь на основе почвенно-мелиоративного районирования наряду с очагами эрозии выделяют категории особо эрозионно-опасных земель, которые требуют тщательной охраны и обязательного осуществления полного комплекса противоэрозионных мероприятий.

Проверенный способ защиты пашни от ветровой эрозии — безотвальная вспашка с сохранением пожнивных остатков и высокой стерни, создание шероховатой поверхности пашни при ее обработ-

ке, посев высокостебельных культур, посев в сжатые сроки яровых растений, успевающих отрасти и защитить почву от дефляции.

В районах, наиболее сильно подверженных ветровой эрозии, применяют почвозащитные севообороты с полосным размещением культур поперек направления господствующих ветров, чередование полос однолетних растений с многолетними травами и эрозионно-устойчивыми культурами. Ширина распахиваемых полос на легких почвах не должна превышать 50 м, а на более стойких к выдуванию она может быть в 2—3 раза больше. Для предотвращения выдувов применяют перепашку, а также закрепляют почву посевами однолетних культур с подсевом многолетних трав в период перед наибольшим выпадением осадков. Противоэрозионное значение имеет внесение органических и минеральных удобрений, улучшающих развитие почвозащитных культур. Хорошие результаты дает залужение на ветроударных участках, переломах рельефа и буферных полосах. Противоэрозионная агротехника более эффективна в комплексе с агролесомелиоративными мероприятиями.

Борьба с ветровой эрозией ведется также путем лесонасаждений, успешно выращиваемых на относительно обширной территории и предусматриваемых агролесомелиоративной системой. Лесные насаждения защищают сельскохозяйственные культуры от засухи, суховеев и пыльных бурь. Защитные полосы устраивают шириной 10—60 м из нескольких рядов деревьев и кустарников поперек господствующего направления ветров. Подбирают менее требовательные к влаге культуры (акация белая и желтая, вяз мелколистный, тополь, дуб, орех, клен татарский, остролистный и полевой, жимолость татарская, лох узколистный). Ширина, состав и строение полос определяются их назначением.

Полосы плотной конструкции в отличие от полос продуваемой конструкции подвергаются эоловому заносу. Одиночные или разреженные полосы не взаимодействуют, превращаясь в аккумуляторы пыли как в самих полосах, так и на прилегающей площади. Слабо взаимодействуют лесные полосы, занимающие менее 1 % территории земель. Хорошо взаимодействуют лесные полосы, занимающие 3—3,5 % территории. На ветроударных склонах лесные полосы должны быть еще гуще.

Полосы продуваемых конструкций являются особого рода фильтрами. Наилучшая ширина их: на обыкновенных черноземах около 20 м, на южных черноземах около 15 м, на темно-каштановых солонцеватых 5—8 м, на каштановых солонцеватых почвах еще меньше. Межполосное расстояние: на мощных черноземах 550—650 м, на южных черноземах 400—500 м, на темно-каштановых почвах 300—400 м, на каштановых 250—300 м. Поперечные полосы возводят через 1,5—2 км. Межполосное расстояние для взаимодействия лесных полос определяется 25—30-кратной высотой их при наибольшем развитии древостоя.

Лесные полосы оказывают также положительное косвенное воздействие на почвы, выражающееся в увеличении накопления

гумуса, обогащении почвы полезными микроорганизмами и в повышении урожаев сельскохозяйственных культур.

С увеличением плотности полос при разрастании крон и кустарников их приводят в ветропроницаемое состояние, удаляя кустарники, а иногда и опушечные ряды деревьев.

Во избежание развевания песков запрещаются сплошные распашки крупных массивов песчаных земель, особенно на открытых местах. На бугристых песках пахота недопустима. При облесении песков используют ветрозащитную роль естественных травостоев. На распыляемых песках через каждые 100 м высаживают лесные полосы шириной до 50 м. Между ними высевают многолетние травы (донник, прутняк, житняк и др.). На полузаросших песках ширину полос уменьшают до 15—20 м, а межполосные расстояния увеличивают до 150—200 м с созданием поперечных полос через 1 км. На заросших песках при ширине полос 15 м расстояния между ними могут быть 200—300 м, на супесчаных почвах при ширине полос 12—17 м — 150—200 м с поперечными полосами через 1—1,5 км. Для создания таких полос, например, на Терско-Кумских песках, используют акацию белую, тополь, вяз мелколистный, шелковицу, абрикос и другие породы.

В горных районах применяют комплекс организационно-хозяйственных, лесомелиоративных и мелиоративно-технических мероприятий, защищая земли от селевых потоков и эрозии. Там запрещаются сплошные рубки на склонах более 20°, а также на склонах южной и западной экспозиций, подвергающихся эрозии. То же касается лесов на скелетных (хрящевых) почвах, имеющих важное водоохранное, водорегулирующее и почвозащитное значение. Для предотвращения эрозии почвы в горах ограничивают распашку склонов крутизной 10—15° под однолетние сельскохозяйственные культуры. Полезащитные лесные полосы следует располагать поперек склонов в сочетании с травяными и плодово-кустарниковыми полосами и террасами и другими водозадерживающими мероприятиями.

Экономический эффект противоэрозионных мероприятий обусловлен величиной урожаев, рентабельностью земледелия, сроком окупаемости капиталовложений на борьбу с ней. Капитальные затраты на борьбу с эрозией почв окупаются обычно в течение 10—12 лет, а последствие распространяется на века.

§ 82. Методы изучения эрозии почв

Методы изучения эрозии почв бывают полевые и лабораторно-полевые.

К полевым методам относятся следующие.

1. Наблюдения за смывом почвы на стоковых площадках размером 10—100, а иногда 5000 м² и более. Площадки располагают длинной стороной перпендикулярно к горизонталям поверхности. Стоковые площадки закладывают на эродированных склонах, изолируя их от остальных частей склона валиками и канавками. Внизу стоковая площадка заканчивается лотком и приемником для стока.

Такие площадки целесообразно окружать защитными полосками, а изоляцию распространять на всю глубину почвенного профиля для сбора поверхностных и почвенных вод.

2. Изучение и учет смыва при поливах. Он позволяет количественно определить ирригационную эрозию. Для этого в конце поливной полосы или борозды делают шурфы, где собирают и учитывают объем сбрасываемой поливной воды. По количеству этой воды, содержанию взвешенных и растворенных веществ за каждый полив определяют общий объем вымытого материала. По этим данным определяют мощность смытого слоя почвы. Применяют искуственное дождевание на больших экспериментальных стоковых учетных площадках.

3. Учет смыва по объему водороин, рытвин и наносов. Для этого на характерных участках склона закладывают учетные площадки шириной 1 м, длиной вдоль горизонталей 25—100 м. Учетные площадки при малых уклонах размещают через 50—100 м, на крутых склонах или переломах — через 20—25 м, на длинных прямых склонах площадки — через 150—200 м. Измеряют объем промоин и наносов на учетной площадке размером 25—100 м² и на всем эродированном массиве за эрозионный период или за один ливень.

4. Изучение изменения уклонов дна оврагов, служащих показателем интенсивности проявления эрозии.

5. Изменение останцев дефляции, сохранившихся от развевания (в местах большего уплотнения или связывания корневой системой сохранившейся растительности), и площади, захваченной эрозией. Эти данные позволяют определить объем распыленной почвы.

6. Количественное определение эрозии с помощью пыле- и пескоуловителей.

7. Измерение стока и смыва на водосборах или обособленных их частях. Количество взвешенных веществ в устьевых частях — показатель интенсивности эрозии.

8. Количественный учет эрозии методом реперов — стальных или алюминиевых реек-прутьев, заглубленных в почву на 1—1,5 м по углам квадратной сетки с длиной стороны 10 м и точно заниве-лированных. Этот метод при сопоставлении повторных вертикальных и горизонтальных съемок позволяет учитывать эрозию и аккумуляцию в течение длительного времени на разных элементах рельефа.

9. Изучение стока и смыва на склонах с помощью переносных водосливов.

10. Определение просачивания и вымывания почвенных растворов и суспензией на эродируемых склонах почвенными лизиметрами.

11. Морфолого-геодезический или картографический метод определения эрозии по изменению густоты гидрографической сети.

12. Качественный и количественный учет эрозии сравнением разновременных точно совмещаемых аэрофотоматериалов.

13. Определение интенсивности эрозии на водосборе по объему и скорости заиления водохранилищ.

В лабораторных условиях эрозию изучают на лотках различных размеров, которым придают заданные уклоны для регулирования скорости стекающей воды. В дно лотка заподлицо монтируют монолит почвы ненарушенного сложения, взятый с соответствующей учетной площади. К лотку присоединяют приемник, собирающий воду и смываемую массу почвы для гранулометрических и химических анализов. Поверхность, оставшуюся после размыва, фиксируют. Метод монолитов в лотке, приближенно копируя природные условия, позволяет изучать различные способы размыва и достаточно точно характеризовать их с количественной стороны.

Противоэрозионную стойкость почв устанавливают также по их водным и физическим свойствам. Эрозионные процессы можно моделировать и изучать гидродинамическим и аэродинамическим путем. Для проектирования и проведения мероприятий по борьбе с эрозией большое значение имеет геоморфологический анализ территории, который начинается с анализа топографического и другого картографического, особенно аэрофотографического, материала.

§ 83. Рекультивация и трансформация земельных угодий

В настоящее время из сферы сельскохозяйственного производства исключаются миллионы гектаров плодородных земель. Значительные площади поглощает урбанизация. В большинстве случаев при этом используются земли, ценные для ведения сельского хозяйства. Это в основном ровные, хорошо дренированные, плодородные, с нормальными условиями увлажнения земли.

Добыча полезных ископаемых, особенно открытым способом, приводит к разрушению больших участков и уничтожению почвенного и растительного покрова. Отвалы, карьеры и другие нарушенные участки надолго исключаются из хозяйственного пользования и представляют собой эрозионно-опасные территории. Они засоряют продуктами водной и ветровой эрозии прилегающие сельскохозяйственные угодья, водотоки и населенные пункты. Применение передовой техники, позволяющей проникнуть в недра земли на большие глубины, нарушает структуру поверхностной оболочки земной коры. На поверхности земли оказываются глубинные пласты с неблагоприятными для жизни растений физическими или химическими свойствами. Территория, испытывающая негативное воздействие нарушенных участков, в 10 раз превышает площадь самих участков. В результате появляются так называемые техногенные ландшафты, то есть лишенные растительности участки, служащие источником загрязнения окружающей среды.

Большие площади занимают дороги, объекты нефтяной промышленности, свалки, золоотвалы тепловых электростанций, отвалы различных предприятий перерабатывающей промышленности. Значительные площади отводятся под строительство водохранилищ. При подготовке чаши для заполнения водой не удается ис-

пользовать верхний слой для улучшения прилегающих малопродуктивных земель. Препятствуют этому большой объем снимаемого плодородного слоя, требования рыбоводства, порядок и сроки проведения работ по отводу земель и многое другое. В восстановлении нуждаются большие площади из-под выработок торфяных месторождений.

Кроме указанных источников нарушений сельскохозяйственных или лесных угодий, необходимо отметить геологоразведочные и изыскательские работы. Так, в результате буровой разведки нефти или природного газа загрязняются грунтовые воды и окружающие земли, значительные площади становятся непригодными для дальнейшего использования. Все это вызывает насущную необходимость восстановления, или рекультивации, нарушенных земель.

Рекультивация земель предусмотрена «Основами земельного законодательства Союза ССР и союзных республик», в которых содержатся соответствующие права и обязанности государственных органов и землепользователей. В частности, в статье 11 отмечается: «Предприятия, организации и учреждения, разрабатывающие месторождения полезных ископаемых открытым или подземным способом, проводящие геологоразведочные, строительные или иные работы на предоставленных им во временное пользование сельскохозяйственных землях или лесных угодьях, обязаны за свой счет приводить эти земельные участки в состояние, пригодное для использования в сельском, лесном или рыбном хозяйстве... Приведение земельных участков в пригодное состояние производится в ходе работ, а при невозможности этого — не позднее чем в течение года после завершения работ». Горнопромышленные предприятия «...обязаны снимать и хранить плодородный слой почвы в целях использования его для рекультивации земель и повышения плодородия малопродуктивных угодий».

В СССР площадь земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых, составляет около 2 млн. га. Примерно 1,1 млн. га земель, нарушенных горными предприятиями, нуждается в восстановлении, или рекультивации.

Рекультивация земель — это вид хозяйственной деятельности, направленный на восстановление продуктивности нарушенных земель и улучшение условий окружающей среды. Конкретизируя это определение, можно сказать, что рекультивация земель — это комплекс мелиоративных, сельскохозяйственных, лесохозяйственных, инженерно-строительных, горнотехнических, культуртенических работ по восстановлению земель, нарушенных в результате добычи полезных ископаемых (особенно открытым способом) или других работ, приведших к нарушению целостности почвенного покрова.

Рекультивация нарушенных земель разделяется на горнотехнический и биологический этапы. Каждому этапу, в зависимости от физико-географических особенностей местности, технологии разработок, хозяйственной деятельности и перспективы развития района, свойственны свои направления, методы и объемы работ.

Рекультивации предшествует подготовительный этап, предусматривающий исследовательские работы, которые включают: обследование территорий; изучение специфики геоморфологических, геологических, гидрологических и других условий нарушенных и подлежащих нарушению земель; определение направлений рекультивации; установление требований к последующим этапам рекультивации и выбор ее методов; составление технико-экономических обоснований и рабочих проектов по рекультивации.

Горнотехнический (инженерный) этап — подготовка территории к различным видам целевого использования. Проводится он на основании разработанных проектов рекультивации и включает рациональное формирование поверхности отвалов и карьеров, выполаживание откосов, нанесение на спланированную поверхность плодородных и потенциально плодородных почв и грунтов, регулирование водного режима, другие мелиоративные мероприятия.

В комплекс горнотехнических работ входят два основных технологических процесса — создание удобного рельефа с минимальным объемом планировочных работ и нанесение плодородного слоя почвы. Первый процесс является обязательным для всех случаев рекультивации; второй может быть осуществлен только при наличии запасов гумусированного слоя почвы и зависит от вида последующего целевого использования рекультивируемых площадей.

Биологический этап рекультивации — целевое использование рекультивируемых территорий. Сюда входят мероприятия по восстановлению плодородия и биологической продуктивности нарушенных земель.

Выбор последующего использования рекультивируемых площадей производится с учетом ценности нарушаемой земли и примыкающих к ней территорий, агрохимических свойств грунтов и пород вскрыши.

В зависимости от типа нарушений (провалы, карьеры, отвалы грунта и др.) и характера последующего использования земель намечают соответствующий комплекс восстановительных работ. В первую очередь проводят такие восстановительные работы, которые требуют меньших капитальных вложений и дадут наибольший экономический эффект при использовании рекультивированных земель.

В комплекс восстановительных работ входят: планировка поверхности, выполаживание или террасирование бортов карьеров и откосов отвалов, покрытие их почвенным или потенциально плодородным слоем, выполнение необходимых мелиоративных работ, устройство подъездных и землевозных дорог, а также (при строительстве новых карьеров) снятие, складирование и сохранение плодородного слоя почвы.

Независимо от выбранного вида последующего восстановления перед началом добычи полезных ископаемых или строительства обязательно снимают плодородный слой почвы на всей площади горного и земельного отводов.

Мощность снимаемого слоя устанавливают в зависимости от

вида почвы и содержания гумуса, определяемого при почвенно-агрохимических изысканиях. Снятию и складированию подлежит плодородный слой почвы с содержанием гумуса не менее 1 %.

При отсутствии площадей для одновременной рекультивации плодородный слой почвы сохраняется во временных отвалах высотой не более 10—15 м. Места складирования должны быть предусмотрены проектом и размещены на ровных или повышенных участках, не подтапливаемых поверхностными или грунтовыми водами, где исключается длительное переувлажнение, засоление и размывание почвенной массы.

При хранении почвенной массы более 1 года на склонах предусматривается посев многолетних трав, предотвращающий ветровую и водную эрозию.

При выемке плодородного слоя почвы на площадях, которые после использования не могут быть рекультивированы под сельскохозяйственные угодья (глубокие обводненные карьеры, карьеры скальных пород, промышленные площадки предприятий и др.), а также при избытке этого слоя его можно использовать для улучшения плодородия прилегающих малопродуктивных сельскохозяйственных угодий. Плодородную почву наносят на небольшие уклоны, чтобы исключить смыв насыпного слоя.

При снятии плодородного слоя почвы желательно сохранить последовательность залегания гумусированных горизонтов. Для этого плодородную почву целесообразно снимать в два приема: сначала самый плодородный верхний перегнойно-аккумулятивный горизонт на глубину вспашки, затем нижезалегающий переходный горизонт; хранят их в отдельных буртах.

В зависимости от горно-геологических условий залегания полезного ископаемого, технологии добычных и вскрышных работ на карьерах выработанное пространство частично или полностью заполняется вскрышными породами вслед за продвижением добычных забоев непосредственно со вскрышных уступов, породами из временных отвалов, вскрышей из рядом разрабатываемых участков и другими имеющимися в наличии породами. После засыпки выработанных территорий проводят планировку рекультивируемых площадей в два этапа. Первый этап включает выравнивание больших гребней, конусов, засыпку впадин. При наличии на спланированных участках отвалов токсичных пород их покрывают слоем потенциально плодородных пород грунтов мощностью не менее 1,5 м. Второй этап состоит из повторной планировки поверхности после завершения интенсивной усадки грунта.

Борта карьеров выполаживают до угла, не превышающего угол естественного откоса слагающих его пород. Выполаживание откосов бортов карьеров выполняют подсыпкой, срезкой грунта с прилегающих к карьеру территорий или комбинированным способом. При необходимости устойчивость откосам придают террасированием.

Рельеф участков, предназначенных под выращивание сельскохозяйственных культур, при планировке должен приближаться к

равнинному, без замкнутых понижений. Уклоны участков не должны превышать 2°. Участки под посев трав, посадки лесных культур и пастбищ можно покрывать потенциально плодородными породами толщиной не менее 1,5 м. На участках со снятым верхним слоем почвы устраивают временные землевозные дороги для автотранспорта. Дороги, предназначенные для перевозки плодородных грунтов, прокладывают на подстилающих почвенный слой породах. Уклоны выездов на отвалы должны быть не более 0,08.

Конечной стадией горнотехнической рекультивации для сельскохозяйственного или лесохозяйственного освоения нарушенных земельных участков является укладка плодородного слоя почвы на спланированную поверхность. Толщина этого слоя после усадки должна быть не менее 0,3—0,4 м, а при использовании только потенциально плодородных пород — 0,8—1,4 м.

При наличии на спланированных участках токсичных пород перед нанесением плодородного слоя почвы или потенциально-плодородных грунтов должна быть выполнена химическая мелиорация.

С увеличением мощности наносимого гумусного слоя с 30—40 до 60—90 см урожай повышается, затраты же на создание таких мощных почв резко возрастают. Оптимальным и экономически выгодным считается тридцати-сорокасантиметровый слой почвы, нанесенный на отвалы, сложенные из третичных и четвертичных отложений.

После завершения работ по горнотехнической рекультивации в установленном законом порядке земли передаются колхозам, совхозам, лесхозам и другим организациям и предприятиям для дальнейшего выполнения комплекса работ по биологической рекультивации.

Биологическая рекультивация является завершающим этапом восстановления нарушенных земель. В процессе биологической рекультивации обрабатывают нанесенный почвенный слой и высевают сельскохозяйственные культуры в соответствии с общепринятыми приемами агротехники при обязательном внесении повышенных доз органических и минеральных удобрений. В связи со специфическими условиями на отвалах, где наблюдаются больший дефицит влаги, сдувание и быстрое таяние снегового покрова, необходимы мероприятия по снегозадержанию и сохранению влаги. Посев сельскохозяйственных культур на них проводят обычно на 1—1,5 недели раньше, чем на соседних ненарушенных участках.

Для улучшения плодородия насыпных почв, обогащения их органическим веществом в первые 2—3 года, а чаще в первые 4—5 лет возделывают почвоулучшающие культуры — многолетние травы, бобовые культуры (люпин, донник, люцерну), злаково-бобовые травосмеси с преобладанием бобовых. После них размещают яровую пшеницу, а в последующий год — подсолнечник или кукурузу на силос. В других случаях после трав возделывают картофель, а затем озимую рожь. На седьмой или восьмой год на этих землях вводят принятые в данном хозяйстве севообороты.

Если отвалы представлены лессами или лессовидными суглинками и отсутствуют токсичные породы, возможна сельскохозяйственная рекультивация и без нанесения плодородного слоя путем создания сенокосных или пастбищных угодий. Освоение отвалов в этих случаях начинают с внесения повышенных доз органических и минеральных удобрений и возделывания многолетних злаково-бобовых трав. Продолжительность этого периода обычно 6—8 или даже 10 лет, в зависимости от конкретных условий и приемов агротехники.

В последующем кормовые угодья включают в пастбищные и сенокосные севообороты.

Отвалы, состоящие из потенциально плодородных пород, могут быть использованы и для посадки плодовых культур. При этом откосам отвалов придают уклон не более 10°, а поверхность планируют в соответствии с условиями, предъявляемыми к подготовке отвалов под пашню.

Деревья высаживают в ямы, предварительно заполненные плодородной почвой. Эти работы включают в комплекс горнотехнической рекультивации.

Рядом особенностей характеризуется рекультивация выработанных торфяных месторождений. Их общая площадь вместе с мелкозалежными окраинами торфяных болот составляет в настоящее время более 700 тыс. га.

Основная часть этих потенциально высокоплодородных почв представляет собой ценный фонд для их сельскохозяйственного использования.

Выработанные торфяники неоднородны в связи с особенностями условий их развития и различиями в технологии добычи торфа. В первые десятилетия становления торфяной промышленности в СССР топливный торф добывался карьерно-резным и машинно-формовочным способами, от которых остались глубокие карьеры с перемычками. На смену указанным способам пришел сравнительно более прогрессивный способ — так называемый гидроторф. Территории, оставшиеся после гидроторфа, покрыты водоемами, заполнены пнями, с остаточным торфом, с перемычками различной формы. В последние десятилетия большое распространение получил фрезерный способ заготовки торфа на топливо, подстилку и удобрения. Участки, выработанные этим способом, обладают выровненной поверхностью, сохранившейся осушительной сетью и представляют собой наиболее легкие объекты для сельскохозяйственного освоения.

На фрезерных полях осуществляют планировку, углубление осушительной сети, внесение удобрений.

Торфяники, выработанные машинноформовочным способом, и особенно торфяники, выработанные способом гидроторфа, требуют выполнения значительно бóльшего объема работ и бóльших затрат на рекультивацию почв. Необходимы удаление древесно-кустарниковой растительности, корчевка, очистка от завалов древесных остатков, накопившихся при разработке торфяника, планировка

поверхности, а в некоторых случаях закладка новой осушительной сети и дополнительное регулирование водоприемников. Кроме того, требуется проведение комплекса агротехнических мероприятий, включающего известкование кислых почв, внесение фосфорных, калийных и азотных удобрений, микроэлементов. Особое значение имеют высококачественная обработка этих почв и правильные севообороты.

Наиболее распространенный способ освоения нарушенных площадей — лесная рекультивация, так как древесные породы успешно растут на относительно бедных землях и иногда не требуют тщательного выравнивания территории. Создают леса целевого назначения: почвозащитные, водоохранные, рекреационные, для получения деловой древесины. Объектами рекультивации для этих целей служат многие отвалы или терриконы горнодобывающих и обрабатывающих промышленных предприятий, карьерные выемки, торфяные разработки и другие территории, непригодные для вовлечения в сельскохозяйственный оборот.

Опыт создания лесных массивов на отвалах подмосковного угольного бассейна показывает, что искусственное лесоразведение возможно на всех отработанных территориях, в поверхностном слое которых содержится не более 40 % (по площади) токсичных пород.

В зависимости от местных условий и целей облесения (промышленное лесоразведение, озеленение и т. д.) можно применять полное или частичное выравнивание, а также террасирование отвалов.

Выемки, непригодные для использования в сельском и лесном хозяйстве, считаются объектами рекультивации водохозяйственного направления. К таким выемкам относятся: остаточные траншеи, созданные на завершающем этапе добычи полезных ископаемых открытым способом и полностью не засыпанные грунтом в связи с его отсутствием; карьеры по добыче местных строительных материалов; полностью выработанные торфяники и др. Подобные выемки после планировки откосов и дна заполняют водой и используют для разведения рыбы, организации зон отдыха, в качестве источников воды для орошения прилегающих земель и т. п.

Затраты на рекультивацию земель велики; они отражаются на стоимости добываемых полезных ископаемых, ухудшаются экономические показатели отдельных предприятий.

В целях достижения наибольшей продуктивности земельных угодий прибегают к переводу одних угодий в другие, т. е. осуществляют их трансформацию. Например, пахотные угодья с низкой производительностью целесообразно переводить в культурные орошаемые пастбища или луга с правильно подобранным травостоем. Площади перелогов, выгонов и пастбищ с плодородными почвами целесообразно переводить в пахотные угодья. Песчаные распаханные почвы лучше занимать лесными посадками. Возможны и другие варианты изменения использования почв.

Однако трансформация угодий должна быть строго обоснована, нужны специальные изыскания и исследования, проекты трансформации угодий.

В определенных случаях нужно охранять и сохранять угодья и планомерно их улучшать. Например, леса на песках, каменистых породах, хрящеватых почвах и крутых склонах должны находиться под охраной во избежание эрозии почв. Необходимо сохранять высокопродуктивные пойменные луга, верховые болота, являющиеся истоками многих рек, эрозионноопасные продуктивные земли. К трансформации угодий следует подходить творчески, строго обоснованно и дифференцированно, во избежание возможных отрицательных результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Александрова Л. Н., Гречин И. П. и др. Почвоведение. — М.: Колос, 1969.
Атлас почв СССР. — М.: Колос, 1974.
Афанасьева Т. В., Василенко В. И. и др. Почвы СССР. — М.: Мысль, 1979.
Бондаренко Н. Ф. Физические основы мелиораций почв. — Л.: Колос, 1975.
Вершинин П. В., Мельникова М. К. и др. Основы агрофизики. — М.: Физматгиз, 1959.
Докучаев В. В. Наши степи прежде и теперь. Соч., т. VI. — М.—Л.: Изд. АН СССР, 1951.
Евдокимова Т. И. Почвенная съемка. — М.: Изд. МГУ, 1981.
Зейдельман Ф. Р. Режим и условия мелиорации заболоченных почв. — М.: Колос, 1975.
Качинский Н. А. Физика почв, ч. I и II. — М.: Высшая школа, 1969 и 1970.
Классификация и диагностика почв СССР. — М.: Колос, 1977.
Ковда В. А. Происхождение и режим засоленных почв, ч. I и II. — М.: Изд. АН СССР, 1946 и 1947.
Плюснин И. И., Вериковская И. А. Практикум по мелиоративному почвоведению. — М.: Колос, 1974.
Почвоведение/под ред. И. С. Кауричева. — М.: Колос, 1975.
Роде А. А. Основы учения о почвенной влаге, т. I, II. — Л.: Гидрометеоиздат, 1965 и 1972.
Розов Л. П. Мелиоративное почвоведение. — М.: Сельхозгиз, 1956.
Соболев С. С. Защита почв от эрозии и повышение их плодородия. — М.: Сельхозиздат, 1961.
Шраг В. И. Пойменные почвы, их мелиорация и сельскохозяйственное использование. — М.: Россельхозиздат, 1969.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3

Часть I. ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ, СОСТАВ И СВОЙСТВА ПОЧВ . 9

Глава I. **Факторы и условия почвообразования** 9

§ 1. Почвообразующие породы 10
§ 2. Живые организмы как фактор почвообразования 14
§ 3. Роль климата, почвенных и грунтовых вод в почвообразовании 18
§ 4. Роль географического положения и рельефа местности в почвообразовании 19
§ 5. Роль времени в почвообразовании 20
§ 6. Производственная деятельность человека и почвообразование 22
§ 7. Элементы почвообразовательного процесса 22

Глава II. **Морфология и состав почв** 24

§ 8. Морфологические признаки почв 24
§ 9. Состав почвы 31

Глава III. **Свойства почв** 44

§ 10. Поглотительная способность почв 45
§ 11. Химические свойства почв 49
§ 12. Физические и физико-механические свойства почв 53

Глава IV. **Водные свойства и водный режим почв** 60

§ 13. Роль воды в почвообразовании 60
§ 14. Количество и формы влаги в почве 60
§ 15. Передвижение влаги в почве 69
§ 16. Водный баланс почвы 79
§ 17. Водный режим почв 80

Глава V. **Воздушные свойства и воздушный режим почв** 82

§ 18. Состав и количество почвенного воздуха 82
§ 19. Передвижение воздуха в почве 83
§ 20. Влияние состава почвенного воздуха на свойства почв . . . 84

Глава VI. **Тепловые свойства и тепловой режим почв** 85

§ 21. Влияние температуры на почвообразование, условия жизни растений и микроорганизмов 85
§ 22. Источники тепла в почве, тепловой баланс 86
§ 23. Тепловые свойства почвы 88
§ 24. Тепловой режим почв 89
§ 25. Тепловые мелиорации почв 93

Глава VII. **Плодородие почв** 94
§ 26. Виды плодородия почв и его динамика 94

Часть II. ПОЧВЫ СССР, ИХ ПРОИСХОЖДЕНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ, РАСПРОСТРАНЕНИЕ И МЕЛИОРАЦИЯ 97

Глава VIII. **Почвенно-географическое районирование и классификация почв** 97

§ 27. Почвенно-географическое районирование СССР 97
§ 28. Классификация почв 102

Глава IX. **Почвы тундровой и таежно-лесной зон** 103

§ 29. Почвы тундровой зоны 103

§ 30. Почвы таежно-лесной зоны 107
§ 31. Классификация и характеристика почв таежно-лесной зоны . 112
§ 32. Сельскохозяйственное использование и мелиорация почв таежно-лесной зоны 121

Глава X. **Болота и болотные почвы** 124

§ 33. Процессы образования болот и болотных почв 125
§ 34. Типы заболачивания и водного питания 130
§ 35. Типы болот 133
§ 36. Распространение и характеристика болотных массивов . . . 138
§ 37. Строение торфяной залежи и свойства торфа 140
§ 38. Классификация и характеристика торфяных болотных почв . 145
§ 39. Мелиорация, окультуривание и сельскохозяйственное использование торфяных болотных почв 146

Глава XI. **Почвы буроземно-лесной и лиственно-лесной зон и лесостепи** 153

§ 40. Почвы буроземно-лесной зоны 153
§ 41. Почвы лиственно-лесной зоны и лесостепи 157
§ 42. Сельскохозяйственное использование и мелиорация серых лесных почв 164

Глава XII. **Почвы черноземно-степной зоны** 165

§ 43. Классификация и характеристика черноземов 166
§ 44. Сельскохозяйственное использование и мелиорация черноземных почв 176

Глава XIII. **Почвы сухостепной и пустынно-степной зон** . . . 178

§ 45. Классификация и характеристика каштановых и бурых почв . 179
§ 46. Сельскохозяйственное использование и мелиорация каштановых и бурых почв 188

Глава XIV. **Почвы предгорных пустынных степей и пустынь. Пески и песчаные почвы** 189

§ 47. Сероземная предгорная пустынно-степная зона 191
§ 48. Сельскохозяйственное использование и мелиорация сероземов . 196
§ 49. Почвы пустынь 196
§ 50. Сельскохозяйственное использование и мелиорация пустынных почв 199
§ 51. Пески и песчаные почвы 199

Глава XV. **Засоленные почвы и солоди** 203

§ 52. Засоленные почвы, их происхождение и распространение . . 203
§ 53. Классификация и характеристика засоленных почв 205
§ 54. Солончаки и солончаковатые почвы 206
§ 55. Мелиорация солончаков и солончаковатых почв 210
§ 56. Солонцы и солонцеватые почвы 219
§ 57. Мелиорация солонцов и солонцеватых почв 223
§ 58. Солоди и их мелиорация 225

Глава XVI. **Почвы субтропиков и горных областей** 226

§ 59. Почвы влажных субтропиков 226
§ 60. Почвы сухих субтропиков 229
§ 61. Почвы горных областей 231
Глава XVII. **Поймы и пойменные почвы** 234
§ 62. Пойма и ее элементы 234
§ 63. Почвообразование в поймах 239
§ 64. Классификация и характеристика аллювиальных почв . . . 244
§ 65. Сельскохозяйственное использование и мелиорация аллювиальных почв 248

Часть III. **МЕЛИОРАТИВНАЯ ОЦЕНКА И ОКУЛЬТУРИВАНИЕ ПОЧВ. ЭРОЗИЯ И ОХРАНА ПОЧВ** 252

Глава XVIII. **Земельные ресурсы СССР и почвенно-мелиоративные изыскания** 252

§ 66. Земельные ресурсы СССР и их использование 252
§ 67. Почвенно-мелиоративные изыскания 256
§ 68. Почвенно-мелиоративные карты 264

Глава XIX. **Бонитировка и экономическая оценка почв** 274

§ 69. Бонитировка почв 274
§ 70. Экономическая оценка почв и земельный кадастр 278

Глава XX. **Окультуривание почв** 279

§ 71. Агромелиорация и окультуривание почв 280
§ 72. Агролесомелиорация и окультуривание почв 283
§ 73. Окультуривание почв сточными водами 284
§ 74. Планировка поверхности 286

Глава XXI. **Эрозия и охрана почв** 288

§ 75. Виды эрозии почв 288
§ 76. Водная эрозия 290
§ 77. Ветровая эрозия 292
§ 78. Классификация эродированных почв 294
§ 79. Охрана почв и борьба с эрозией 295
§ 80. Борьба с водной эрозией 297
§ 81. Борьба с ветровой эрозией 302
§ 82. Методы изучения эрозии почв 305
§ 83. Рекультивация и трансформация земельных угодий 307

Список литературы 315

Иван Иванович Плюснин,
Александр Иванович Голованов

МЕЛИОРАТИВНОЕ ПОЧВОВЕДЕНИЕ

Зав. редакцией *М. М. Антонова*
Редактор *А. И. Григорьева*
Художественный редактор *А. И. Бершачевская*
Технические редакторы *В. М. Деева*,
Е. В. Соломович
Корректор *Н. Я. Туманова*

ИБ № 3178

Сдано в набор 21.01.83. Подписано к печати 26.05.83. Т-06688. Формат 60×90$^{1}/_{16}$. Бумага тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 20. Усл. кр.-отт. 20. Уч.-изд. л. 23,29. Изд. № 148. Тираж 20 000 экз. Заказ № 363. Цена 1 р. 10 к.

Ордена Трудового Красного Знамени
издательство «Колос», 107807, ГСП, Москва, Б-53,
ул. Садовая-Спасская, 18.

Владимирская типография «Союзполиграфпрома»
при Государственном комитете СССР по делам
издательств, полиграфии и книжной торговли
600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7