

И.Ф. Ганжара

Почвоведение

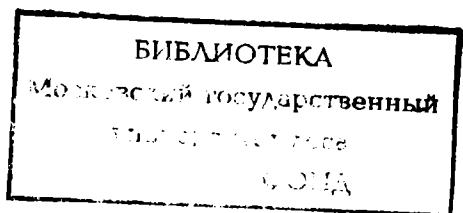
Учебники и учебные пособия для студентов
высших учебных заведений

231
= 1

Н.Ф.Ганжара

ПОЧВОВЕДЕНИЕ

*Допущено Министерством сельского хозяйства Российской Федерации
в качестве учебника для студентов
высших учебных заведений
по агрономическим специальностям*



«Агроконсалт»
Москва 2001

УДК 631.4(075.8)

ББК 40.3я73

Г19

Редактор Л.Н.Новикова

Рецензенты: доктор сельскохозяйственных наук, профессор
В.А.Рожков (Почвенный институт им. В.В.Докучаева),
доктор биологических наук, профессор
М.С.Кузнецов (Факультет почвоведения МГУ им. М.В.Ломоносова)

Г19 **Н.Ф.Ганжара**, доктор биологических наук, профессор
Почвоведение. – М.: Агроконсалт, 2001. – 392 с.: ил. –
(Учебники и учебные пособия для студентов высших
учебных заведений)

Изложены основы учения о факторах почвообразования, состав, свойства и режимы почв. Дана агроэкологическая характеристика почв зонального ряда. Рассмотрены теоретические вопросы и методика крупномасштабного картографирования почв и использование материалов почвенных исследований в практических целях.

Учебник издан при поддержке Межрегиональной ассоциации
«Агрообразование»

УДК 631.4(075.8)

ББК 40.3я73

ISBN 5-94325-003-4

© Н.Ф.Ганжара, 2001

© «Агроконсалт», 2001

Рисунки профилей почв и ландшафтов художника А.Я.Андреева
Верстка С.П.Власенко

Изд.лиц.ИД 02644 от 28.08.2000 г. Подписано в печать 25.05.2001 г.
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. листов - 24,5. Тираж 3000. Заказ № 64

Издательство «Агроконсалт» 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, д.31
Отпечатано в Московской типографии №12 Министерства по делам
печати, телевидению и средств массовой коммуникации.
101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д.40, стр.6

Предисловие

В сельскохозяйственных вузах для студентов агрономических специальностей длительное время читается курс "Почвоведение с основами геологии", который состоит из нескольких частей, включающих как общеобразовательные естественно-научные дисциплины (основы геологии, геоморфологии, общее почвоведение, генезис и география почв), так и специальные, необходимые для практической деятельности агрономов (картография почв, эрозиоведение, агропроизводственная группировка и бонитировка почв, агроэкологическая оценка и типизация земель, сельскохозяйственное использование и охрана почв), которые являются составными частями агрономического почвоведения.

Многие из перечисленных дисциплин в некоторых вузах читаются отдельными курсами. В последние десятилетия объем информации значительно возрос и по циклу общеобразовательных дисциплин, и по специальным разделам. За этот же период существенно снизилось учебное время на изучение почвоведения. В связи с этим перед автором стояла задача в минимальном объеме дать максимальное количество информации, предусмотренной программой курса. Многолетний опыт преподавания почвоведения показывает недостаточность знаний студентов в области физической географии, поэтому в данном учебнике расширены разделы из цикла физико-географических дисциплин (почвообразующие породы, рельеф, грунтовые воды, почвенная биота и др.). Более детально освещены вопросы агропочвоведения (агрономическая оценка органического вещества почв, оценка и типизация земель, изменения свойств почв при освоении под пашню и др.) за счет более краткого изложения вопросов генезиса и географии почв.

Во введении традиционно рассматриваются предмет и задачи науки, понятие о почве, методы исследования в почвоведении, история почвоведения.

В первой части описаны факторы почвообразования, систематика элементарных процессов почвообразования; во второй части изложены вопросы общего почвоведения: морфология, состав, свойства, режимы почв и их роль в почвенном плодородии.

Третья часть посвящена основам географии почв, характеристике условий почвообразования и агроэкологической характеристике почв зонального ряда. В отдельной главе описаны состав и свойства тепличных грунтов.

В четвертой, заключительной части даны основы картографии почв и рассмотрены вопросы использования материалов почвенных исследований.

Автор выражает глубокую признательность рецензентам — профессору В.А.Рожкову и профессору М.С.Кузнецову, академику РАСХН, профессору В.И.Кирюшину — за ценные замечания, позволившие существенно улучшить содержание учебника, а также кандидату биологических наук В.С.Крутиловой за помощь в подготовке учебника к печати

Введение

Почвоведение — наука о почве, ее строении, составе и свойствах, процессах образования, развития и функционирования, закономерностях географического распространения, взаимосвязях с внешней средой, путях и методах рационального использования.

Почвоведение как наука сформировалось в конце XIX столетия. основоположником научного почвоведения был выдающийся русский ученый Василий Васильевич Докучаев (1846-1903), определивший почву как самостоятельное естественноисторическое тело и сформулировавший целый ряд законов ее образования, развития и географического распространения. До В.В.Докучаева почвоведение рассматривалось как часть агрономии или геологии.

Согласно современным представлениям, почва — самостоятельное естественноисторическое биокосное природное тело, возникшее на поверхности Земли в результате воздействия биотических, абиотических и антропогенных факторов, представляющее собой открытую четырехфазную динамичную систему с характерными признаками и свойствами и обладающее способностью обеспечивать рост и развитие растений.

Почва является составной и главной функциональной частью биосферы — области распространения жизни на земле. Она сформировалась на границе соприкосновения и взаимодействия планетарных оболочек литосферы, атмосферы и гидросферы и образует особую геосферу — педосферу, или почвенный покров Земли. Наиболее деятельной частью педосферы является гумосфера — верхняя часть почвы, насыщенная органическим веществом.

Почва, как всякое природное тело, имеет свое положение в пространстве, объем и границы. Верхняя граница — это поверхность раздела между почвой и атмосферой. Нижняя граница почвы определяется глубиной, на которую произошло существенное изменение горной породы почвообразовательным процессом, почва постепенно переходит в почвообразующую породу.

Мощность почвы составляет 1-3 метра, но в тундре, пустынях и в горах может измеряться десятками сантиметров и даже отдельными сантиметрами. Боковая граница почвы определяется

как вертикальная поверхность раздела между элементарными почвенными ареалами (ЭПА), внутри которых отсутствуют почвенно-географические границы, то есть это единица самого низкого таксономического ранга.

Площади ЭПА колеблются в очень широких пределах, от нескольких квадратных метров (пятна солонцов среди каштановых почв) до нескольких десятков и даже сотен гектаров (ЭПА черноземов, пустынных почв). Некоторые ученые внутри ЭПА выделяют почвенные индивидуумы, или педоны, проведение границ между которыми находится в стадии разработки.

По вертикали почвы разделяются на генетические горизонты, которые образовались в результате почвообразовательных процессов. Они характеризуются определёнными морфологическими признаками, составом и свойствами. Верхние горизонты почв обогащены органическими веществами, ниже залегают горизонты выноса и накопления (элювиальные и иллювиальные, или метаморфические), которые сменяются переходными к почвообразующей породе и почвообразующей породой. Совокупность генетических горизонтов образует почвенный профиль, который является характерным для каждой почвенной разности: типа, подтипа, рода и других таксономических рангов почвенной классификации.

Функции почвенного покрова многообразны, важнейшие из них: обеспечение существования жизни на Земле, трансформация солнечной энергии в энергию органического вещества, регулирование газового состава атмосферы и гидрологического режима суши и др.

Почва — четырехфазная система

Почва состоит из четырех фаз: твердой, жидкой, газовой и живой. *Твердая фаза* почвы — это полидисперсная органоминеральная система, состоящая из первичных, вторичных минералов и органических веществ растительного и животного происхождения, а также продуктов их взаимодействия. Она наименее динамична и образует каркас для других фаз, характеризуется определёнными морфологическими признаками, гранулометрическим, минералогическим и химическим составом.

Жидкая фаза почвы — это вода, занимающая часть порового пространства, поступающая в виде атмосферных осадков и из грунтовых вод, содержащая растворенные органические и минеральные вещества и потому названная почвенным раствором. По-

ченый раствор характеризуется определенным химическим составом, кислотнo-щелочными и окислительно-восстановительными параметрами и другими показателями. Ему принадлежит ведущая роль в химических, биологических, биохимических и других процессах, протекающих в почвах в вертикальном и латеральном (боковом) переносе веществ. Он является непосредственным источником питания растений. Жидкая среда динамична, продукты ее функционирования обновляются в течение суток.

Газовая фаза почвы — это почвенный воздух, заполняющий поровое пространство свободное от воды. Так же как и атмосферный, почвенный воздух в основном состоит из азота, кислорода и углекислого газа, но в отличие от атмосферного содержание в нем кислорода и углекислого газа сильно изменяется во времени и в пространстве. Скорость обновления продуктов функционирования газовой фазы в целом сопоставима со скоростью обновления жидкой фазы.

Живая фаза почвы (почвенная биота) — это населяющие почву организмы. К ним относятся микроорганизмы, бактерии, грибы, водоросли, представители почвенной микрофауны; простейшие, насекомые, дождевые черви и др. Отнесение обитающих в почве корней растений к живой фазе почв, так же как и млекопитающих, остается дискуссионным, хотя их вклад в почвообразование очень существенный.

Согласно современным представлениям почва является сложной системой, имеющей многоуровневую структурную организацию. На базе системного подхода были определены иерархические уровни структурной организации почвы (Б.Г. Розанов, 1988). Наиболее низким уровнем является атомарный (радиоактивные изотопы, естественная и искусственная радиоактивность). Следующий уровень — кристалломолекулярный, или молекулярно-ионный (молекулы и ионы твердой, жидкой, газообразной и живой фазы почв). Третий уровень структурной организации почвы — уровень элементарных почвенных частиц — это фракции разного размера, выделяемые при гранулометрическом анализе (песок крупный, средний, мелкий; пыль крупная, средняя, мелкая; ил). Эти частицы различаются не только размером, но и составом и свойствами. Четвертый уровень — почвенные микро- и макроагрегаты, или структурные отдельные, включающие кроме агрегированных (склеенных) элементарных почвенных частиц специфические новообразования (конкреции, стяжения, пленки и др.). Клеящим веществом в агрегатах являются новообразованные гумусовые вещества, соединения кальция, железа и др.

Пятый уровень организации — почвенный горизонт. Морфологические признаки, состав, строение и свойства генетических горизонтов позволяют диагностировать почвенные процессы и почвенные разности.

Шестой уровень структурной организации — это почвенный профиль (почвенный индивидуум), характеризующий почву как особое природное тело, состоящий из закономерного сочетания генетических горизонтов.

Седьмой и последующие уровни являются уровнями почвенного покрова: элементарный почвенный ареал — участок территории, занятый одной почвой, почвенные комбинации, структуры, включающие два или несколько элементарных почвенных ареалов (сочетания, вариации, комплексы и др.). К последнему уровню следует отнести почвенный покров, или педосферу в целом, как отдельную геосферу Земли, имеющую общепланетарные функции.

Каждый из перечисленных уровней организации требует специальных методов исследований и способов контроля и управления.

Почвы образуются в результате взаимодействия факторов почвообразования. В.В. Докучаевым было установлено пять глобальных факторов почвообразования: климат, растительность и животный мир (биологический фактор), почвообразующие породы, рельеф и возраст страны (время). Впоследствии были добавлены хозяйственная деятельность человека (фактор, ставший в настоящее время глобальным) и ряд локальных факторов, таких как почвенно-грунтовые и грунтовые воды, поверхностные воды паводий и паводков в поймах рек, вулканический фактор в областях действующих вулканов.

Почвоведение изучает почву не только как особое природное тело, но и как средство производства, как предмет труда и как продукт труда. Это связано с тем, что главным функциональным свойством почвы является плодородие, обеспечивающее жизнь на Земле и являющееся результатом жизни. Под плодородием понимается способность почв обеспечивать растения земными факторами жизни, а это: элементы питания, вода, почвенный воздух, стимулирующая способность, теплорегулирующая способность, кислотно-щелочные и окислительно-восстановительные условия, энергетические поля, каркас для корневых систем. Кроме того следует различать космические факторы жизни растений (солнечная энергия, свет и тепло) и атмосферные факторы (кислород, углекислый газ, элементы питания).

Плодородие почв — предмет изучения одного из главных направлений прикладного почвоведения — агропочвоведения. Оно за-

висит от состава и свойств почв, формируется и развивается вместе с развитием почвы в результате взаимодействия факторов почвообразования, поддается количественной оценке и регулированию.

Связь почвоведения с другими науками.

Разделы почвоведения

В системе естественных наук почвоведение тесно связано с физико-математическими, химическими, биологическими, геологическими, географическими науками, использует их фундаментальные законы и методы исследования. В свою очередь, почвоведение является теоретической основой для ряда прикладных наук агробиологического цикла, таких как агрохимия, агроэкология, растениеводство, земледелие, луговое хозяйство, мелиорация, землеустройство и др.

В настоящее время почвоведение дифференцировалось на ряд разделов в соответствии с методами изучения и практической направленностью знаний о почвах. Выделяются такие самостоятельные разделы как физика, химия, минералогия, биология, география, картография, классификация почв.

По формам использования почвенного покрова и прикладных знаний о почвах оформились следующие прикладные разделы: агропочвоведение, мелиоративное почвоведение, лесное, экологическое, инженерное почвоведение.

Агропочвоведение рассматривает почву с точки зрения ее сельскохозяйственного использования, оно решает следующие вопросы:

- изучение и оценка состава и свойств почв для целей землеустройства (рациональная организация территории, организация севооборотов, оценка почв и выбор участков для многолетних насаждений, ценных культур и т.д.);
- проведение агропроизводственной группировки почв, их качественной оценки (бонитировки), агроэкологической оценки и типизации земель;
- составление и ведение земельного кадастра;
- обоснование рациональных систем земледелия;
- разработка методов защиты почв от загрязнения и деградиационных процессов (эрозия почв, дефляция, переуплотнение, выпханность и др.).

Мелиоративное почвоведение, используя методы агропочвоведения, служит теоретической основой для целей коренного улучшения почв: орошения, осушения, химических мелиораций (из-

весткование, гипсование, кислование почв), комплексной мелиорации почв биологическими и агротехническими методами, рекультивации земель.

Лесное почвоведение, вместе с лесоведением, является научной основой повышения продуктивности лесов и искусственных лесных насаждений. Оно разрабатывает приемы и способы агролесомелиорации.

Методы исследования в почвоведении

Как всякая сложная система, почва обладает источниками информации, такими как вещественный состав, материальные свойства, закономерности распределения почв на поверхности земли, история развития, почвообразовательные процессы, обмен веществом и энергией с другими природными телами, плодородие почв и др. Для получения такой информации почвоведение использует методы других естественных наук: химии, физики, биологии, биохимии, геохимии, геологии, гидрологии и ряда других. В то же время почвоведение, как самостоятельная наука, имеет свои методы и приемы исследований.

Сравнительно-географический метод. Сущность метода заключается в выявлении коррелятивных связей между строением, составом и свойствами почв, с одной стороны, и факторами почвообразования — с другой. Установление таких связей позволило В.В.Докучаеву разработать теоретические основы современного почвоведения и установить целый ряд общих закономерностей генезиса и географии почв, в частности, учение о факторах почвообразования, о зональности и вертикальной поясности и др. В.В.Докучаев назвал почву “зеркалом” ландшафта, в ней отражены особенности взаимодействия факторов почвообразования в каждом отдельном месте. Открытие закономерных связей между типом почвы и биоклиматическими условиями позволило В.В.Докучаеву в конце XIX века составить первую почвенную карту северного полушария дедуктивным методом.

Разновидности сравнительно-географического метода — сравнительно-геоморфологический и сравнительно-литологический, основанные на установлении связей между почвенными разностями, рельефом местности и почвообразующими породами, широко используются в настоящее время при крупномасштабном картографировании почв. Однако некоторые свойства почв обусловлены не действием современных факторов почвообразования,

а остались от прошлых эпох, когда факторы почвообразования отличались от существующих. Такие свойства почв называют реликтовыми.

Сравнительно-исторический метод. В основу метода положен принцип актуализма, который позволяет исследовать реликтовые свойства почв на основе изучения современных процессов почвообразования и их связи с современными факторами почвообразования

Профильный метод. Сущность метода заключается в изучении системы генетических горизонтов, включая почвообразующую породу, которые являются следствием почвообразовательного процесса, агрогенного воздействия или же связаны с неоднородностью (слоистостью) почвообразующей породы. Разновидностью профильного метода является сравнительно-аналитический метод (по А.А.Роде). Сущность его заключается в сравнении вещественного состава и свойств твердой фазы каждого из почвенных горизонтов, с одной стороны, и материнской породы — с другой. Изменения в почвенном профиле, найденные таким сравнением, служат основой для суждения о природе процессов почвообразования и причинах вертикальной анизотропности почвы: выносе и накоплении веществ, образовании и разрушении химических соединений в отдельных генетических горизонтах. Как правило, эти изменения протекают с малыми скоростями и накапливаются в течение длительного времени (сотни и тысячи лет). Непосредственное наблюдение за ходом этих изменений неосуществимо. При использовании сравнительно-аналитического метода принимаются три допущения.

1. Исходная материнская порода, из которой образовалась изучаемая почва, не была слоистой.

2. Слой почвы, принимаемый исследователями за почвообразующую породу, существенно не изменился за период существования почвы.

3. Процесс почвообразования на протяжении всего времени существования почвы шел в одном направлении.

Такие допущения определяют некоторую условность результатов применения метода, тем не менее этот метод в сочетании с другими позволил объяснить с разной степенью достоверности причины вертикальной анизотропности многих типов почв.

Профильный метод предусматривает использование наиболее распространенных приемов, методов и анализов, характеризующих твердую фазу почвы. При этом изучаются в каждом генетическом горизонте: морфология, микроморфология, физические свойства, гранулометрический состав, агрегатный и микроагре-

гатный состав, валовой химический состав, формы химических соединений, физико-химические свойства, состав и свойства органического вещества, минералогический состав и др.

Стационарный метод, или метод почвенно-режимных наблюдений. Сущность его заключается в изучении почвенных режимов: водного, теплового, солевого, газового, реакции среды, окислительно-восстановительных условий, биологической активности и др. Этот метод лежит в основе биосферного мониторинга. Под почвенным режимом какого-либо соединения понимается динамика его качественного содержания и состава, связанная с процессами его образования, передвижения, распада, поступления в почву и выноса из почвы. Критерием возможности полного изучения режима какого-либо соединения является возможность определения полного его баланса за определенное время. Режимы соединений в почвах имеют разную степень изученности. Многие из них играют большую роль в плодородии и являются предметом изучения агрономического почвоведения.

Стационарный метод включает большое разнообразие способов и приемов исследований, специфических методов почвоведения более низкого порядка и методов смежных наук. Широкое распространение получили методы почвенных лизиметров и стоковых площадок, сущностью которых явилось изучение состава почвенных растворов, внутрипочвенного и поверхностного стока, собираемых с определенного объема или площади за определенное время.

Метод моделирования. Сущность метода заключается в экспериментальном воспроизведении различных явлений и процессов, совершающихся или гипотетических, в обстановке контролируемого эксперимента в полевых или лабораторных условиях. Моделирование может производиться как на естественных, так и на искусственных объектах. В последние годы все большее распространение получают математическое и физико-химическое моделирование с использованием компьютерной техники.

Картографический метод. Применяется для изображения на картах почвенного покрова определенных территорий. Он использует методы картографии и топографии, специфические методы почвоведения, такие как сравнительно-географический, метод почвенных ключей, а также и аэрокосмические методы с использованием аэро- и космических снимков.

В агропочвоведении широко используются методы агрохимии и земледелия, такие как исследования в полевых, микрополевых, вегетационно-полевых и вегетационных опытах.

Основные этапы развития почвоведения

Накопление знаний о свойствах почв началось с того момента, когда человек перешел от сбора дикорастущих растений к выращиванию их (неолит, бронзовый век) и развивалось вместе с земледелием. Первая систематизация сведений о почвах была начата в трудах ученых античного мира IV-I веков до нашей эры (Коллумела, Феофраст, Плиний старший, Лукреций Кар и др.). В средние века, в эпоху феодализма, античные знания были в значительной мере утеряны. Тем не менее в этот период проводилось описание качества почв и земельных угодий для установления феодальных повинностей и привилегий ("Писцовые книги" в России, землеоценочные акты в Германии, китайские кадастры и др.). В эпоху возрождения вновь обострился практический интерес к почвам. В это время появились агрономические трактаты Альберта Великого, Леонардо да Винчи, Авиценны, первые представления о роли солей в питании растений Бернара Палисси (1563 г.).

В XVII-XIX столетиях появился ряд теорий питания растений, оказавших большое влияние на развитие представлений о роли почвы. В 1629 г. голландский алхимик Ван-Гельмонт предложил теорию, по которой растения питаются только водой. Несмотря на экспериментальное опровержение этой теории в конце XVII века, она продолжала господствовать на западе до конца XVIII века. В начале XIX века её сменила, также не обоснованная, перегнойная, или гумусовая теория германского ученого агронома А.Тэера, согласно которой растения питаются гумусом. И только в 1840 году немецкий химик Ю.Либих опроверг эту теорию и выдвинул теорию минерального питания растений, которая была подтверждена экспериментально и послужила основой для возникновения агрокультурхимии и современной агрохимии. В это время оформилась новая научно-прикладная дисциплина, получившая название почвоведение, хотя по содержанию она в большей степени соответствовала агрохимии. В 30-х годах XIX века появился ряд руководств по этой дисциплине (К.Краузе, 1832; К.Шпрингель, 1837 и др.), в которых почва рассматривалась как среда, где развиваются корни растений, состоящая из смеси минеральных и органических соединений. Мощность почвы они ограничивали пахотным слоем.

В то же время в середине XIX века в Германии зародилось и развивалось геологическое направление в почвоведении. Оно связано с именами геологов Ф.Фаллу, Г.Берендта, Э.Раманна и др. Они рассматривали почву, как наружную оболочку коры вывет-

ривания. Агрогеологи проводили земельно-оценочные работы и составляли кадастровые карты. Систематика почв агрогеологов основывалась на разделении их по гранулометрическому составу (песок, суглинок, глина) и положению в рельефе. Агрогеологическое направление господствовало во второй половине XIX и начале XX столетий в странах Западной Европы, а также в Англии, Австралии, Новой Зеландии и в Северной Америке.

Большая роль в развитии почвоведения в России принадлежит великому русскому ученому М.В.Ломоносову (1711-1765). В своей работе "О слоях земных" Ломоносов впервые дал правильное научное определение сущности почвообразовательного процесса, которая заключается во взаимодействии растений и продуктов их перегнивания с горными породами, показав его как исторический процесс, протекающий во времени и выражающийся в развитии плодородия. Он высказал правильные взгляды на происхождение черноземов, торфяников, процессы водной эрозии, причины бесплодия засоленных почв.

Следующий этап развития почвоведения в России связан с созданием Вольного экономического общества (1765), в задачи которого, наряду с другими агрономическими вопросами, входило описание качества почв для сельскохозяйственных целей, в основном путем рассылки по губерниям специальных вопросников. В этот период было организовано много экспедиций Академии наук, результаты работы которых были опубликованы (И.И.Лепехин, П.С.Паллас, В.Зуев, П.И.Рычков и др.).

В 90-х годах XVIII столетия президентом Вольного экономического общества И.А.Гюльденшtedтом была предложена теория растительно-наземного происхождения черноземов, которая вызвала оживленные дискуссии в научной литературе. В этот же период были опубликованы почвенно-агрономические работы А.Т.Болотова (1768), И.М.Комова (1789), А.Н.Радищева (1801).

В первой половине XIX века, с 1838 года, начались опросно-статистические работы по качественному учету и оценке земель для целей сбора налогов, результатом которых явилась Почвенная карта Европейской России К.С.Веселовского (200 верст в дюйме), а в 1879 г. — В.И.Чаславского (60 верст в дюйме). В составлении почвенной карты В.И. Чаславского принимал участие Василий Васильевич Докучаев. На этой карте были выделены черноземы, серые земли, подзолы, солончаки. При этом почвы дифференцировались по гранулометрическому составу. Хотя В.В.Докучаев впоследствии критически относился к этой карте, участие в ее составлении оказало большое влияние на его дальнейшую деятельность. В 1877-1881 г.г.

по поручению Вольного экономического общества он произвел детальные исследования черноземов России.

Результаты своих исследований В.В. Докучаев опубликовал в монографии "Русский чернозем" (1883), которая олицетворяет создание новой науки — генетического почвоведения, предметом изучения которой является особое, самостоятельное тело природы — почва. В.В. Докучаев опубликовал более 250 научных работ, в которых заложил научные основы почвоведения. Им дано первое научное определение почвы. Он писал: "Почвой следует называть "дневные", или наружные горизонты горных пород (все равно каких), естественно измененные совместным влиянием воды, воздуха и различного вида организмов — живых и мертвых". В.В. Докучаев показал, что именно в почвах наиболее тесно переплетены и взаимосвязаны геологические и биологические процессы, развивающиеся на поверхности земли. Он сформулировал учение о факторах почвообразования, которое, по его выражению, является краеугольным камнем почвоведения как науки. Им определены пять глобальных факторов почвообразования: климат, рельеф, растительность и животный мир, почвообразующие породы и возраст страны (время). В.В. Докучаев сформулировал основные законы почвообразования и географии почв, важнейшим из которых является закон зональности почв. Он разработал закон о вертикальной поясности, описал зональные типы почв и создал первую научную классификацию почв. Им разработаны основы и методы картографирования почв и составлена первая карта северного полушария. Разработанный В.В. Докучаевым сравнительно-географический метод исследования почв позволил решать многие проблемные вопросы генезиса и географии почв и до настоящего времени является ведущим методом в почвоведении. Свои исследования В.В. Докучаев проводил в тесной связи с запросами сельского хозяйства. Он разработал план реконструкции степей, включающий посадки лесополос, мероприятия по задержанию и накоплению влаги, создание искусственных водоемов и борьбу с эрозией.

Большая роль в развитии научного почвоведения принадлежит выдающемуся русскому ученому Павлу Андреевичу Костычеву (1845-1895). Он является основателем биологического направ-



В.В. Докучаев



П.А.Костычев

ления в почвоведении и агрономического почвоведения. П.А.Костычев работал в те же годы, что и В.В. Докучаев, и был одним из основных его оппонентов. Многие положения, разработанные Костычевым, дополняют взгляды Докучаева, и он по праву считается сооснователем генетического почвоведения, наряду с другим выдающимся почвоведом — учеником В.В.Докучаева, Н.М.Сибирцевым (1860-1890), который систематизировал и развил основы учения о почве. Он является автором первого учебника генетического почвоведения.

Докучаев создал замечательную школу, представители которой оказали влияние не только на почвоведение, но и на ряд других смежных наук: минералогия, петрографию, геохимию, ботанику, лесоводство, ландшафтоведение, агрономию. Его учениками были русские ученые К.Д.Глинка, В.И.Вернадский, С.А.Захаров, П.А.Замятченский, В.П.Амалицкий, Ф.Ю.Левинсон-Лессинг, Г.И.Танфильев, Г.Н.Высоцкий, А.Н.Краснов, Г.Ф.Морозов, П.Ф.Баранов, Л.И.Прасолов, Б.Б.Полынов.

Признавая приоритет В.В. Докучаева, русские и зарубежные исследователи истории почвоведения отмечают большую роль в развитии почвоведения в конце XIX века Е. Гильгарда в США, М.Вольни и Э.Раманна в Германии, Ю.Шлезинга во Франции, Б.Аарнио в Финляндии и других исследователей.

Докучаевские идеи активизировали почвенные исследования и почвенно-картографические работы в начале XX столетия. В это время проводятся экспедиционные исследования для переселенческих целей во многих регионах России, формируется ряд научных школ, возглавляемых А.Н. Сабаниным в Московском университете, В.Р.Вильямсом в Петровской (ныне Тимирязевской) академии, П.С.Коссовичем в Лесном институте в Петербурге. В 1927 году создается Почвенный институт им. В.В.Докучаева, а в 1939 г. образовано Всесоюзное общество почвоведов, возглавившее почвенные исследования в разных регионах СССР. В это время были образованы кафедры почвоведения в ряде университетов и сельскохозяйственных вузов. В связи с созданием колхозов и совхозов разворачивается крупномасштабное картографирование почв во всех регионах

России. В почвоведении четко определились самостоятельные разделы и направления: физика почв, химия почв, биология, микробиология, минералогия, картография и география почв, а также прикладные отрасли, такие как агрохимия, агрофизика, эрозиоведение, мелиоративное, лесное почвоведение и др. Широкую известность в России и за рубежом получают работы выдающихся ученых: К.К.Гедройца — основателя учения о поглотительной способности почв, агропочвоведов В.Р.Вильямса и Н.М.Тулайкова, агрохимика Д.Н.Прянишникова, почвоведов Л.И.Прасолова, Б.Б.Полынова, И.В.Тюрина, Н.А.Качинского, И.П.Герасимова, А.А.Роде, М.А.Глазовской, В.А.Ковды, М.М.Кононовой, Л.Н.Александровой, В.М.Фридланда и др. Они оказали большое влияние на развитие современного почвоведения.

В данном разделе приведены лишь основные этапы развития почвоведения. Подробное описание истории почвоведения проведено И.А.Крупениковым (1981), С.В.Зонном (1999) в специальных монографиях, в которых проанализированы работы всех исследователей, внесших определенный вклад в развитие науки о почве.



Часть I. МЕСТО ПОЧВ В СИСТЕМЕ ГЕОСФЕР. ФАКТОРЫ И ПРОЦЕССЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

Глава 1. Строение и состав сфер Земли

Земля имеет концентрическое строение, ее внутренняя часть подразделяется на три основные оболочки, или геосферы: земную кору, мантию и ядро. Земная кора, или литосфера имеет наибольшую толщину под материками — 30-80 км, под океанами — 3-10 км. Под материками она состоит из трех слоев: наружного, или осадочного мощностью 2-5 км, среднего — гранитного — 15-35 км, нижнего — базальтового. Под океанами земная кора состоит только из базальтового слоя, перекрытого тонким слоем (до 1 км) донных отложений. В направлении от поверхности к центру Земли происходит увеличение плотности с $2,7 \text{ г/см}^3$ до $12-17 \text{ г/см}^3$ в центре ядра, температуры — от $600-1000^\circ\text{C}$ в нижних слоях литосферы до 5000°C в ядерной части и давления — от 0,01 млн атмосфер в литосфере до 3,5 млн атмосфер в центре ядра. Источником тепла внутри Земли является, главным образом, распад радиоактивных элементов. Большие температуры в сочетании с высоким давлением обуславливают пластичность вещества внутри Земли при сохранении им свойств твердого тела. Предполагается наличие отдельных очагов силикатных сплавов (магмы) (рис. 1.1).

Практическому изучению доступна очень небольшая часть Земли. Самые глубокие скважины достигают глубины в пределах 10 км. Верхний слой литосферы представлен корой выветривания, которая подразделяется на древнюю — мощностью до 300-400 м и современную — мощностью в несколько метров или десятков метров. Верхний слой коры выветривания мощностью от нескольких см до 2-3 м представлен почвенным покровом, или педосферой. Литосфера сложена магматическими, метаморфическими и осадочными породами, состоящими из различных минералов. Химический состав литосферы на 99% представлен оксидами кремния, алюминия, железа, кальция, магния, натрия, калия и титана.

История земной коры. Общий возраст земного шара исчисляется величиной от 4-6 до 8-10 млрд лет. Процессы формирования литосферы земного шара продолжаются около 2,5 млрд лет, это время, когда начали формироваться осадочные породы и появи-

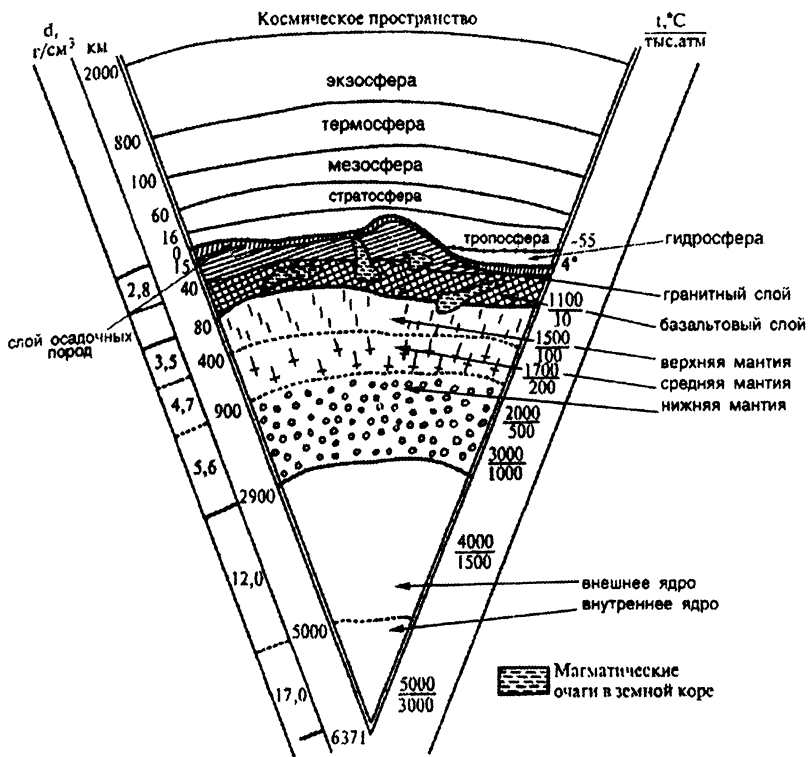


Рис. 1.1. Строение Земли (Ковриго В.П., 2000)

лась жизнь на Земле. Появление первых лесов и формирование первых почв началось в девоне (табл. 1.1), примерно 300-400 млн лет назад. На большей части суши земного шара современный почвенный покров сформировался лишь во второй половине современного четвертичного геологического периода, или антропогена. Продолжительность антропогена исчисляется, примерно, 1,5-2 млн лет. Он подразделяется на ледниковый период — плейстоцен и послеледниковый — голоцен. Обширная территория России в ледниковую эпоху характеризовалась сменой ледниковых и межледниковых периодов. В европейской части России был развит мощный ледниковый щит, в Западной Сибири ледниковый покров был небольшой мощности, в Восточной Сибири покровное оледенение отсутствовало.

В ледниковый период огромный европейский ледниковый щит достигал более 2 км мощности, покрывая площадь 5,5 млн. квадратных километров. Ледники и образовавшиеся при таянии льдов водяные потоки проделывали большую геологическую работу и оставили после себя своеобразные ледниковые и водноледниковые отложения. При таянии ледников большое количество воды поступало в северные и южные моря, которые выходили из берегов, наступая на сушу (морские трансгрессии). При последующем отступлении на значительных площадях остались морские отложения. Доледниковый почвенный покров был смыт почти полностью. С момента исчезновения материковых льдов на территории России прошло всего 10-12 тыс. лет. Таким образом, возраст материнских пород и почв Русской равнины исчисляется величинами 10-12 тыс. лет.

Структура земной коры. На поверхности Земли выделяются материки и океанические впадины. На материках устанавливаются платформы и складчатые геосинклинальные системы. Платформы представляют собой древние, устойчивые участки земной коры, характеризуются двухъярусным строением. В основании залегает кристаллический или складчатый фундамент, который перекрыт сравнительно тонким слоем (2-5 км) осадочных пород. Примерами древних платформ являются Русская и Сибирская, которые испытывали только слабые вертикальные движения с весьма незначительной магматической деятельностью.

Складчатые системы — геосинклинали выделяются узкими полосами. Для них характерны интенсивные вертикальные движения земной коры и излияния магмы. Горные системы Кавказа, Памира и другие образовались на месте геосинклиналей. Современные геосинклинали прилегают к Охотскому и Японскому морям, к Малайскому архипелагу. Землетрясения и вулканическая деятельность на Камчатке и Курильских островах приурочена к современным геосинклиналям.

Поверхность литосферы граничит с атмосферой и гидросферой.

Атмосфера — воздушная оболочка Земли. Плотность атмосферы убывает с высотой, и она постепенно переходит в межпланетное пространство. Атмосферный воздух состоит из азота — 78,1%, кислорода — 20,1%, аргона — 0,9% и углекислого газа — 0,03%. Остальное небольшое количество приходится на неон, гелий, водяной пар, частицы пыли и льда. Основной газовый состав атмосферы мало изменяется с высотой и в разных точках земного шара. Содержание водяного пара и твердых примесей более динамично. В атмосфере выделяют пять слоев:

1. *Тропосфера* — слой атмосферы до высоты 8 км над полюсами и до 17 км над экватором. В тропосфере сосредоточен практически весь водяной пар и формируются атмосферные процессы, определяющие погоду (циклоны, антициклоны, облака, осадки и др.). Основное тепло Солнца поглощается поверхностью Земли. Поэтому с высотой, по мере удаления от поверхности температура за счет перемешивания понижается. В тропосфере выделяется приземный слой толщиной 30-50 м, температура которого находится под непосредственным воздействием земной поверхности. В этом слое происходят существенные суточные изменения температуры и проявляются основные особенности микроклимата.

2. *Стратосфера* — следующий слой до высоты 40 км, который характеризуется почти полной неизменностью температуры с высотой. Малая теплоемкость разреженного воздуха препятствует переносу тепла перемешиванием, а выравнивание температуры происходит за счет лучевого теплообмена. В верхней части стратосферы наблюдается максимальная концентрация озона, молекула которого состоит из трех атомов кислорода. Озон образуется под воздействием солнечной ультрафиолетовой радиации и обладает способностью поглощать ее, защищая от резких изменений и регулируя климатические условия и биологические процессы на поверхности Земли.

3. *Мезосфера* — слой между 40 и 80 км, характеризуемый ростом температуры в нижней ее части до 20-30°C выше 0°, в верхней — падением до -100°C.

4. *Термосфера*, или ионосфера — слой от 80 до 1000 км характеризуется высокой разреженностью газа, который под действием солнечной радиации распадается до ионов и свободных электронов.

5. *Экзосфера*, или сфера рассеяния, расположенная выше 1000 км, представляет собой зону утечки газов в космическое пространство.

Атмосфера пропускает 3/4 солнечного излучения и задерживает длинноволновое излучение земной поверхности, тем самым увеличивая общее количество тепла, используемого на развитие природных процессов на поверхности Земли. Космические и атмосферные агенты — свет, тепло, осадки, ветер — проводят огромную работу в процессах выветривания и почвообразования и создают условия для существования жизни на Земле.

Гидросфера — прерывистая водная оболочка Земли, располагающаяся между атмосферой и литосферой, включающая океаны, моря и континентальные водные бассейны (озера, реки, лед-

1.1. История развития Земли. Главнейшие события (по данным геохронологической таблицы 1969 г.)

Эра	Периоды	Длительность, млн лет	Основные геологические события	Главнейшие этапы развития органической жизни
Архейская	Архей AR	4000	Складчатость, вулканизм, образование высоких хребтов в Карелии, Забайкалье, на Кольском полуострове, Украине	Зарождение жизни на Земле. Появление бактерий, одноклеточных животных
Протерозойская	Ранний протерозой	2500 1900		Появление беспозвоночных животных, одноклеточных и многоклеточных
	Средний протерозой	1600		
	Поздний протерозой	Рифей, венд 570		
Палеозойская PZ	Кембрий	70	Каледонская складчатость, вулканизм и горообразование в Саянах, море покрывает Сибирь, Среднюю Азию	Расцвет беспозвоночных. Широкое развитие иглокожих, моллюсков, брюхоногих, плеченогих
	Ордовик	60		
	Силур	30		
	Девон	70	Море затопляет всю территорию России	Появление всех основных видов рыб. Развитие папоротниковых. Появление первых лесов, формирование первых почв
	Карбон	55	Море затопляет большую часть России, образование углей в Подмосковном бассейне	Расцвет споровых растений. Развитие папоротникообразных – папоротников, плаунов, хвощей

	Пермь	35	Герцинская складчатость, вулканизм, образование гор Урала, Алтая, Тянь-Шаня. Сухой климат в Приуралье	Развитие пресмыкающихся – котилозавров и зверообразных
Мезозойская MZ	Триас	45	Значительная часть территории представляла сушу	Появление первых групп наземных пресмыкающихся - черепах
	Юра	58	Складчатость, вулканизм и образование гор на северо-востоке Азии	Появление первых птиц. Развитие летающих ящеров. Расцвет ихтиозавров, головоногих моллюсков – аммонитов и белемнитов. Распространение голосеменных растений
	Мел	70	Затопление морем многих районов	Вымирание морских пресмыкающихся, аммонитов и белемнитов, появление цветковых растений
Кайнозойская KZ	Палеоген	41	Море периодически затопляет Украину, Поволжье, Западную Сибирь, Среднюю Азию	Широкое распространение цветковых растений
	Неоген	25	Альпийская складчатость и образование гор на Кавказе, в Крыму. Неоген – четвертичный вулканизм	Состав фауны и флоры, близкий к современному. Появление человекообразных обезьян и новых групп млекопитающих из отрядов копытных, хоботных и хищников
	Четвертичный (антропоген)	1,5-2,0	Великое оледенение Русской, Западно-Сибирской равнины. Поднятие Кавказа, Урала, Тянь-Шаня. Образование современных ландшафтных зон: тундры, степей, пустынь	Расцвет млекопитающих, птиц, рыб, насекомых. Появление человека. Развитие ноосферы

ники). Гидросфера покрывает 70,8% земной поверхности. Основная часть (98,3%) массы воды сосредоточена в морях и океанах, 1,65% в материковых льдах и только 0,45% в пресных водах рек, озер и болот. Гидросфера находится в постоянном взаимодействии с атмосферой, земной корой и биосферой. Вода гидросферы растворяет в себе воздух атмосферы, кислород которого используется для жизнедеятельности огромного количества организмов, населяющих гидросферу. С этой точки зрения гидросфера является частью биосферы.

Вода гидросферы, испаряясь, поступает в атмосферу и выпадает в виде осадков. Главные катионы морской воды (натрий, магний, калий, кальций) образовались в результате выветривания горных пород материков и последующего переноса водами рек в моря и океаны. В гидросфере впервые зародилась жизнь на Земле. Подавляющая часть осадочных горных пород и такие ценные полезные ископаемые как нефть, уголь, бокситы, разнообразные соли образовались в прошлые геологические эпохи в различных водоемах. Особое свойство гидросферы — плодородие, соизмеримое с плодородием почв. Это свойство еще в очень малой степени используется человеком.

Биосфера — это особая биокосная оболочка Земли, в которой обитают живые организмы. Основы учения о биосфере были заложены российским ученым В.И.Вернадским, положившим начало науки биогеохимии. Существенный вклад в развитие этой науки внесли Б.Б.Полынов, А.П.Виноградов, В.Н.Сукачев, В.А.-Ковда и другие исследователи. Пределы биосферы охватывают тропосферу, гидросферу и верхний слой литосферы, в основном кору выветривания. Верхняя граница биосферы находится на высоте 10-12 км, где были обнаружены бактерии и их споры, нижняя граница проходит на глубинах 2-3 км, где также были обнаружены микроорганизмы в нефтеносных водах. Основная же масса микроорганизмов на суше не проникает глубже нескольких десятков, реже — сотен метров. В гидросфере жизнь проникает до дна мирового океана, то есть до глубин более 10 км. Внутри биосферы можно выделить отдельные слои, или оболочки, в которых наблюдается повышенная концентрация живых организмов, и процессы с их участием являются ведущими в функционировании этих систем. К ним можно отнести наземные оболочки, включающие растительный и почвенный покров, животный мир, водные экосистемы и мелководные оболочки, донные экосистемы. Мощности этих оболочек значительно меньше и измеряется метрами и десятками метров. Взаимодействие живой и неживой материи в

этих оболочках, так же как и в почвах, создало условия для существования живых организмов. В этом смысле можно говорить о том, что все биокосные системы биосферы обладают плодородием в широком смысле этого слова.

Элементарной структурной единицей биосферы является биогеоценоз (синонимы — фация, экосистема) — участок земной или водной поверхности, соответствующий одному элементу рельефа с одинаковыми генезисом и литологией почвообразующих пород, глубиной залегания и степенью минерализации и химизмом грунтовых вод, почвенной разностью, микроклиматом и биоценозом.

Биоценоз представляет собой взаимозависимое сообщество живых организмов, занимающих однородное пространство земной поверхности, которое, в свою очередь, называется биотопом. Таким образом, экосистема = фация = биогеоценоз = биоценоз + биотоп. Для агроландшафтов В.И.Кирюшиным было предложено использовать термин “элементарный ареал агроландшафта” (ЭАА), синонимом которого является агробиоценоз, или агроэкосистема. Агроценоз соответствует биоценозу. Наименьшей единицей структуры почвенного покрова является элементарный почвенный ареал (ЭПА).

Термины экосистема и агроэкосистема применяют к биоценозам и биотопам самого различного размера. При этом в экологии различают микроэкосистемы на уровне почвенного индивидуума, мезоэкосистемы на уровне ЭПА и, наконец, макроэкосистемы, такие как степь, таежные леса и т.д.

В термодинамическом отношении экосистемы относятся к открытым системам, относительно стабильным во времени. В экосистемы поступают солнечная энергия, вода, газ атмосферы, элементы питания из литосферы. Выходят из экосистем тепло, кислород, углекислый газ и другие газы, органоминеральные вещества в водных растворах, осадочные породы. Биогеосистемы сложились в результате длительной эволюции и являются результатом приспособления видов к окружающей среде. Они обладают свойством саморегуляции и способны противостоять, в известных пределах, внешним воздействиям. При глубоких изменениях, в том числе связанных с деятельностью человека (пожары, эрозия почв, загрязнения токсикантами и др.), могут наступать необратимые изменения биогеоценозов, включая гибель организмов и деградацию почв. Почва — один из главных компонентов биогеоценоза, поэтому для ее познания и грамотного использования необходимо изучение биогеоценозов в целом. Приближение функционирования агробиоценозов к естественным экосистемам — одна из главных задач сельскохозяйственной деятельности человека.

Глава 2. Выветривание, большой геологический круговорот веществ

2.1. Виды выветривания

Выветривание (синоним — гипергенез) — это совокупность абиотических и биологических процессов разрушения и образования горных пород и слагающих их минералов под воздействием агентов атмосферы, биосферы, гидросферы в верхних слоях земной коры. Неотъемлемой частью процессов выветривания являются процессы денудации — переноса продуктов разрушения горных пород в пониженные участки под действием внешних сил (вода, тепло, ветер и др.). В результате этих процессов образуется кора выветривания. Мощность современной коры выветривания составляет от нескольких метров до десятков метров.

Выделяют три вида выветривания: физическое, химическое и биологическое.

Физическое выветривание — это процесс разрушения (растрескивания, дробления) минералов под воздействием давления, возникающего за счет суточных и сезонных колебаний температуры (тепловое расширение и сжатие минералов, замерзание и оттаивание воды), механической деятельности ветра, потоков воды, корней растений. В результате увеличивается дисперсность и удельная поверхность пород, снижается их плотность.

Химическое выветривание — процесс химического изменения и разрушения горных пород и минералов с образованием новых минералов и, в конечном итоге, новых пород.

Химические реакции происходят при участии воды, углекислого газа, кислорода и других веществ.

Вода растворяет вещества, содержащиеся в горных породах и минералах, при этом в раствор поступают катионы и анионы, изменяющие кислотно-щелочные условия. Это увеличивает растворяющую способность воды. Разложение минералов водой усиливается с повышением температуры и насыщением ее углекислым газом, который подкисляет реакцию среды. Гидролиз минералов, реагирующих с водой, приводит к образованию новых минералов. В преобразовании минералов в присутствии угольной кислоты большую роль играют реакции карбонатизации (образования карбонатов) и декарбонатизации (разрушение карбонатов).

Реакции окисления-восстановления принимают активное участие в процессах гипергенеза. Красные, красно-бурые, желтые окраски кор выветривания обусловлены окисленными формами железа, марганца и других элементов. В восстановительных условиях преобладают сизые и серые тона. В ходе химического выветривания развивается элювиальный процесс — вынос с раствором ряда элементов за пределы коры выветривания. В первую очередь вымываются наиболее растворимые соединения, что обуславливает стадийность процесса выветривания. В соответствии со стадийностью и химическим составом существует большое разнообразие кор выветривания. Они подразделяются по возрасту: современные, древние, ископаемые; по геохимическому типу: элювиальные, транзитные, аккумулятивные; по вещественному составу и стадиям выветривания: обломочные (состоят из обломков пород), засоленные (содержат водорастворимые соли), сиаллитные (отношение $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3 > 2$), аллитные ($\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3 < 2$). Обломочные, сиаллитные коры выветривания формируются и сохраняются в условиях умеренного климата и характеризуются начальными стадиями выветривания; аллитные, более зрелые, — формируются в условиях влажного тропического климата.

В процессе выветривания преобладает разрушение первичных минералов, которые образовались в глубоких слоях земной коры при высоких температурах и давлении. Попадая на поверхность земной коры, в иные термодинамические условия, они теряют устойчивость.

Первичные минералы различаются по устойчивости к выветриванию в соответствии со строением и составом. Наиболее устойчивым из широко распространенных минералов является кварц, к мало устойчивым относятся полевые шпаты. Образующиеся в процессе гипергенеза вторичные глинистые минералы играют большую роль в процессах почвообразования и являются более устойчивыми к выветриванию в условиях земной поверхности.

Биологическое выветривание — процесс разрушения и изменения горных пород и минералов под действием организмов и продуктов их жизнедеятельности. При биологическом выветривании механизмы процессов разрушения, изменения минералов и пород те же, что и при физическом и химическом выветривании. Однако интенсивность процессов существенно увеличивается, поскольку увеличивается агрессивность среды. Корни растений и микроорганизмы выделяют во внешнюю среду углекислый газ и различные кислоты (щавелевую, янтарную, яблочную и др.). Нитрофикаторы образуют азотную кислоту, серобактерии — серную. В

процессе разложения мертвых остатков растений и животных образуются агрессивные гумусовые кислоты — фульвокислоты, способные разрушать минералы. Многие виды бактерий, грибов, водоросли, лишайники могут усваивать элементы питания непосредственно из первичных минералов, разрушая их при этом. Именно таким является механизм первичного почвообразования.

В верхней части коры выветривания процесс выветривания протекает совместно с процессом почвообразования и является неотъемлемой составной частью почвообразования, так же как почвообразование является неотъемлемой частью выветривания. Однако в более глубоких слоях за пределами почвенного профиля, а также в подводных ландшафтах выветривание выделяется как самостоятельный процесс. В этих слоях в процессах выветривания так же принимают участие микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности.

2.2. Большой геологический круговорот веществ

Процессы выветривания являются начальным этапом большого геологического круговорота веществ. Геологические процессы разделяются на две большие группы: эндогенные (внутренние), которые зарождаются в глубинных оболочках Земли за счет энергии радиоактивного распада, и экзогенные (поверхностные), обусловленные внешней энергией.

К эндогенным (внутренним) процессам относятся: магнетизм, метаморфизм, вулканизм, движения земной коры (землетрясения и горообразование).

К экзогенным — выветривание, деятельность атмосферных и поверхностных вод, ледников, подземных вод, морей и океанов, животных и растительных организмов. Особо следует выделить геологическую деятельность человека — техногенез. Взаимодействие внутренних и внешних геологических процессов объединяет большой геологический круговорот веществ.

В результате действия эндогенных процессов образуются крупные формы рельефа земной поверхности: горные системы, возвышенности, низменности, океанические впадины. Под действием экзогенных процессов происходит разрушение магматических горных пород, перемещение продуктов разрушения в реки, моря и океаны и формирование осадочных пород. В результате движений земной коры осадочные породы погружаются в глубокие слои, подвергаются процессам метаморфизма (действию

высоких температур и давления), и образуются метаморфические породы. Последние при погружении в более глубокие слои могут переходить в расплавленное состояние (магматизация), а затем в результате вулканической деятельности поступать в верхние слои литосферы или на ее поверхность в виде магматических пород. Таким образом происходит образование основных групп почвообразующих пород и различных форм рельефа.

Глава 3. Почвообразующие породы, их происхождение, состав и агроэкологическая оценка

Горные породы, из которых формируется почва, называются почвообразующими, или материнскими. По условиям образования их подразделяют на три группы: магматические, метаморфические и осадочные.

3.1. Магматические горные породы

Магматические породы образуются при застывании силикатного расплава магмы внутри земной коры (интрузивные) или на ее поверхности (эффузивные). Эти породы имеют кристаллическое строение, плотное сложение (плотность 2,6-3,3 г/см³) и поэтому их называют еще массивно-кристаллические. К широко распространенным представителям интрузивных пород относятся диориты, граниты, габбро, дуниты и др., к эффузивным — базальты, андезиты и др. Магматические породы состоят главным образом из соединений кремния, алюминия, железа, магния, кальция, калия и натрия. В зависимости от соотношений соединений кремния, калия и натрия — с одной стороны, и железа, кальция и магния — с другой, различают магматические породы кислые и основные.

Кислые почвообразующие породы (граниты, липариты, пегматиты) имеют высокое содержание кремнезема (более 63% SiO₂), до 7-8% оксидов калия и натрия и только 2-3% оксидов кальция и магния. Они имеют светлую и буроватую окраску с хорошо выраженными кристаллами кварца, полевых шпатов, слюд. Почвы, образующиеся из кислых пород, содержат гравий, песча-

ные частицы разного размера и поэтому имеют рыхлое сложение, хорошо обеспечены калием, но у них, как правило, повышенная кислотность, недостаточное количество оснований и невысокое плодородие.

Основные магматические породы (базальты, периодиты, дуниты, габбро) характеризуются низким содержанием SiO_2 (40-60%), повышенным содержанием CaO и MgO (до 20%), оксидов железа (до 10-20%) и менее 3% K_2O и Na_2O . Они имеют темную окраску в связи с повышенным содержанием темноцветных минералов. Почвы, формирующиеся на продуктах выветривания основных пород, отличаются щелочной и нейтральной реакцией, содержат много оснований, гумуса и обладают повышенным плодородием. Магматические породы составляют 95% общей массы пород, слагающих литосферу, но в качестве почвообразующих они занимают небольшие площади, главным образом в горных областях.

3.2. Метаморфические горные породы

Метаморфические горные породы — вторичные массивно-кристаллические породы, образовавшиеся в недрах Земли в результате перекристаллизации магматических и осадочных пород под действием высоких давлений и температур. К ним относятся гнейсы, мрамор, кварциты и др. Они состоят из минералов группы силикатов, алюмосиликатов, карбонатов. В качестве почвообразующих метаморфические горные породы занимают небольшие площади. Гнейсы по свойствам близки к гранитам. На продуктах выветривания сланцев и мрамора формируются почвы, обогащенные основаниями, с повышенным уровнем плодородия.

3.3. Осадочные горные породы

Формирование осадочных горных пород обусловлено процессами выветривания магматических и метаморфических пород, переносом продуктов выветривания водными, ледниковыми и воздушными потоками и отложением на поверхности суши, на дне морей, океанов, озер, в поймах рек. По происхождению они подразделяются на морские и континентальные. По возрасту осадочные породы подразделяются на древние и четвертичные. Четвертичные отложения образовались в последние 1,5-2 млн лет и

продолжают формироваться в настоящее время. Четвертичные осадочные породы характеризуются рыхлым сложением, невысокой плотностью, сложены частицами разного размера и разной степени окатанности: валуны, галечники, пески, суглинки и др.

Древние осадочные породы так же состоят из обломков и мелких частиц разного размера, но в отличие от четвертичных имеют плотное сложение, более высокую плотность, как правило, сцементированы соединениями кремнезема, железа, извести и др. В земной коре преобладают древние осадочные породы, которые накапливались во все геологические эпохи, но в качестве почвообразующих преобладают четвертичные отложения, перекрывающие сравнительно тонким слоем (от нескольких сантиметров до нескольких метров, иногда десятков метров) другие виды горных пород, получивших название коренные. По составу осадочные породы подразделяются на обломочные, хемогенные и биогенные.

Обломочные отложения различаются по величине обломков и частиц: валуны, камни, гравий, щебень, пески, суглинки и глины. К ним относятся также древние сцементированные аналоги: брекчии, конгломераты, песчаники, глинистые сланцы.

Хемогенные отложения образовались в результате выпадения солей из водных растворов в морских заливах, озерах, в условиях сухого жаркого климата или в результате химических реакций. К ним относятся галоиды (каменная и калийная соль), сульфаты (гипс, ангидрид), карбонаты (известняковый туф, известняк, доломит, мергель), силикаты (кремневый туф, или гейзерит) и фосфаты (фосфорит). Многие из перечисленных пород — гипс, ангидрид, калийная соль, фосфориты, известняковые туфы, известняки, доломит, мергель — являются ценными агрономическими рудами и используются как химические мелиоранты, минеральные удобрения и как сырье для производства цемента и химической промышленности.

Почвы, образующиеся на чистых химических осадках солей, как правило, характеризуются крайне низким плодородием; на известняках и меловых отложениях, особенно в условиях влажного климата, формируются плодородные почвы с высоким содержанием гумуса и благоприятными физическими свойствами.

Биогенные отложения образовались из скоплений остатков растений и животных. По составу они подразделяются на карбонатные, кремнистые и углеродистые.

К карбонатным породам относятся биогенные известняки и мел. Примером кремнистых пород является доломит, состоящий из остатков диатомовых водорослей. Углеродистые породы имеют

высокое содержание органических веществ и обладают горючестью. К ним относятся ископаемые угли, торф, сапропель, а также нефть и газы. Известно их большое практическое значение.

Сапропель формируется на дне пресноводных озер и представляет собой ил, обогащенный органическим веществом и элементами питания для растений. Используется он как органическое удобрение и мелиорант. Некоторые бурые угли и лигниты так же используются как органо-минеральные удобрения и мелиоранты. Торфяники и формирующиеся на них почвы будут подробно рассмотрены в специальной главе.

3.4. Главные генетические типы четвертичных осадочных пород

Элювиальные отложения (элювий) — продукты выветривания массивно-кристаллических пород, оставшиеся на месте их образования. Элювий характеризуется разным составом и мощностью, в зависимости от состава исходных пород (элювий гранитов, базальтов и др.), длительности процесса выветривания, климатических условий, в которых происходило выветривание. Для него характерен постепенный переход от землистого материала верхних слоев, через крупнообломочный к исходной коренной породе. Расположен элювий на вершинах водоразделов, где смыв выражен слабо или отсутствует. Свойства почв, сформировавшихся на элювии, также очень разнообразны (от кислых до щелочных, от малоплодородных до высокоплодородных) и зависят от состава и свойств элювиальных отложений и условий формирования.

Делювиальные отложения (делювий) — продукты эрозии, отложенные временными водотоками дождевых и талых вод в нижней части склонов, примыкающих к горам, водоразделам, к понижениям и западинам на водоразделах. Они имеют хорошо выраженную дифференциацию вдоль склона. У подножья крутых склонов откладываются более крупные грубообломочные наносы, ниже — более отсортированные и тонкозернистые отложения.

Состав делювия определяется составом пород, которыми сложены горы и водоразделы. Он может включать обломки массивно-кристаллических пород, пески и состоять из суглинистого и глинистого материала, например, переотложенного лесса, моренных суглинков. Как правило, делювиальные отложения имеют небольшую мощность до 2-5 м и залегают в виде пологих шлейфов.

Проллювиальные отложения (пролювий) образовались в результате переноса и отложения продуктов выветривания временными горными реками и обладающими большой силой потоками у подножий склонов. Характеризуются плохой отсортированностью, включают обломки разного размера и разной степени окатанности. У подножий гор они образуют конусы выноса и часто сочетаются с делювиальными отложениями, образуя делювиально-пролювиальные отложения.

Аллювиальные отложения (аллювий) образовались в результате переноса и отложения продуктов выветривания речными водами. Реками переносятся вещества, поступающие в них с поверхностным стоком. Кроме того вода в реках совершает большую эрозионную работу. Размыв и масса транспортируемого материала резко возрастает с увеличением скорости течения, которая зависит от уклона местности. При снижении скорости движения воды в период паводков в пойме, в дельтах рек, в старицах происходит отложение и накопление транспортируемого материала — аккумуляция. Различают русловой аллювий, содержащий более крупные гравелистые и песчаные материалы; отложения стариц представлены супесями, суглинками, илами с примесью органических веществ. Пойменные отложения прирусловой части, где скорость воды наиболее высокая, имеют крупнозернистый состав (песчаный и супесчаный) с хорошо выраженной слоистостью, связанной с изменением скорости движения воды в разные годы и в разные периоды паводков. Центральная пойма сложена более тонким суглинистым материалом, поскольку скорость воды здесь не высокая.

Различают древнеаллювиальные отложения (ими сложены речные террасы) и современные — в поймах рек. Последние продолжают формироваться в настоящее время. Аллювий, как правило, обогащен элементами питания для растений, поэтому почвы на аллювиальных отложениях обладают повышенным плодородием.

Озерные отложения представляют собой донные отложения озер. Они сложены наиболее тонкими частицами мелкозема — глинами и илами с хорошо выраженной слоистостью (ленточные глины), отражающей сезонные и многолетние процессы их формирования. Илы с высоким содержанием органических веществ (15-20%) называются сапропелем, который используется как ценное органическое удобрение, обогащенное элементами питания для растений. По мере обмеления и зарастания озер образуются болота, которые постепенно превращаются в мощные торфяники. Озерные болотные отложения часто имеют повышенное

содержание извести и железа, а в сухих и жарких областях обогащены водорастворимыми солями, гипсом, карбонатами кальция. Большое распространение озерные отложения имеют в северо-западных областях европейской части России, в Прикаспийской низменности, в Западной Сибири.

Морские отложения — это донные отложения морей. При отступлении морей (трансгрессии) они остаются в качестве почвообразующих пород. Значительное распространение имеют в Прикаспийской низменности, в Приазовье, на побережьях северных морей. Морские отложения часто содержат водорастворимые соли, биогенные известняки, ракушечники, мел. На таких породах, особенно в южных областях, часто формируются засоленные почвы. Они так же обуславливают повышенную степень минерализации грунтовых вод.

Ледниковые (гляциальные), или моренные отложения — продукты выветривания различных пород, перемещенные и отложенные ледником. Ледником называют естественное скопление кристаллического льда, имеющего значительные размеры. Обладая пластическими свойствами, ледник движется под действием силы тяжести. Движение его возможно при толщине льда 15-20 м, когда масса превышает силу трения. Скорость движения горных ледников составляет 1-7 м в сутки, а материковых — до 20 и более метров.

Обширная территория России в ледниковую эпоху подвергалась материковому оледенению в связи с похолоданиями климата. Ледниковые эпохи неоднократно сменялись межледниковыми, которые характеризовались отступлением ледников, а талые воды вызывали морские регрессии. В эпоху максимального оледенения европейский ледниковый щит достигал более двух километров толщины, покрывал площадь 5,5 млн. км², продвигаясь с севера на юг. Граница оледенения опускалась южнее Брянска, Киева.

Моренные отложения представляют собой несортированный грубообломочный материал, состоящий из глины, суглинков, супесей, песков красно-бурого или серого цвета с включениями гальки, камней разного размера, валунов. Они характеризуются отсутствием слоистости. Моренные отложения широко распространены в качестве почвообразующих в таежно-лесной зоне и на севере лесостепной в европейской части России. По химическому составу ледниковые отложения разделяются на алюмосиликатные моренные и карбонатные моренные суглинки. На алюмосиликатной морене формируются подзолистые и дерново-подзолистые почвы с низким естественным плодородием, с кислой реакцией среды, с большим количеством камней и валунов в верхних слоях

и на поверхности. На карбонатной морене, в связи с наличием оснований кальция и магния, формируются более плодородные почвы с менее кислой и нейтральной реакцией среды.

Флювиогляциальные (водноледниковые) отложения временных водотоков и замкнутых водоемов, образовавшихся при таянии ледника, соответственно происхождению и положению по отношению к леднику, подразделяются на две группы.

1. **Приледниковые**, залегающие позади конечноморенных гряд (озы, камы, друмлины), сложены песчано-гравийно-галечниковым материалом; ленточные глины — отложения приледниковых озер, в которых чередуются прослойки песка и глины.

2. **Внеледниковые отложения** образованы потоками вод, вытекающими из-под ледников, и расположены впереди каменно-моренных гряд. Их называют зандрами. Зандровые равнины сложены песчаными и супесчаными отложениями, слоистыми осадками с включениями гравия, гальки. К равнинам такого типа могут быть отнесены Мещерская низменность, Полесье.

Покровные суглинки относятся к внеледниковым отложениям и рассматриваются как отложения мелководных приледниковых разливов талых вод. Они перекрывают морену сверху слоем 3-5 м, откуда и получили название. Покровные суглинки имеют желто-бурую окраску, хорошо отсортированы, не содержат камней и валунов. В их составе преобладают фракции крупной пыли (0,05-0,01 мм) и ила (<0,001 мм). Как правило, покровные суглинки не содержат карбонатов. В качестве почвообразующих они широко распространены в таежно-лесной и в северной части лесостепной зоны наряду с моренными отложениями. На них формируются подзолистые, дерново-подзолистые и серые лесные почвы.

Почвы на покровных суглинках, особенно легко- и средне-суглинистые разновидности, обладают более высоким плодородием по сравнению с такими же почвами на моренных отложениях.

Лессы и лессовидные суглинки имеют различное неокончательное установленное происхождение. Считается, что они могут быть водно-ледникового, древнеаллювиального, эолового, делювиально-пролювиального происхождения с последующим преобразованием в условиях аридного климата. Эти суглинки характеризуются палевой окраской, повышенным содержанием пылеватых и илистых фракций, рыхлым сложением, высокой пористостью, высоким содержанием карбонатов кальция, а на юге — гипса и водорастворимых солей. Они распространены на больших площадях в лесостепной, степной и сухостепной зонах на Русской равнине, равнинах Сибири, в Предкавказье. На них образовались высоко-

плодородные серые лесные почвы, черноземы, каштановые почвы, сероземы Средней Азии.

Золотые отложения образовались в результате деятельности ветра. Эол, по древнегреческой мифологии, — бог ветра. Разрушительная деятельность ветра складывается из коррозии и дефляции.

Коррозия — обтачивание, шлифование песком горных пород, скал ветром. Дефляция — сдувание и перенос ветром мелких частиц почв и горных пород. Оба эти процесса часто объединяют понятием ветровой эрозии. К золотым отложениям относят пески дюн, барханов, барханных гряд. Они образуются, преимущественно, при перевевании аллювиальных, морских, флювиогляциальных, озерных песков. Характерная особенность золотых песков — подвижность, рыхлое сложение, хорошая сортировка, отшлифованная округленность песчинок, высокая водопроницаемость. Почвы, формирующиеся на песках, обладают слабой водоудерживающей способностью и низким плодородием. Распространены в пустынях Средней Азии и на побережье Балтийского моря.

Двучленные и многочленные почвообразующие породы выделяются в тех случаях, когда в пределах почвенной толщи происходит смена пород. Наиболее часто встречаются в таежно-лесной зоне. Например, покровные суглинки, подстилаемые мореной или флювиогляциальными песками.

3.5. Влияние почвообразующих пород на свойства почв

Профиль любой почвы заканчивается почвообразующей породой. Почвы наследуют от почвообразующей породы гранулометрический, минералогический и химический составы, ряд физических свойств. На породах, обогащенных элементами питания и основаниями, как правило, образуются плодородные почвы и, наоборот, на бедных породах формируются почвы с низким плодородием. Почвы, унаследовавшие негативные, с агрономической точки зрения, свойства, такие как каменистость, высокая плотность, наличие водорастворимых солей и др., требуют специальных затрат на их освоение и улучшение. Почвообразующие породы могут в корне изменять скорость и направление почвообразовательных процессов, что приводит к формированию азональных типов почв, например, дерново-карбонатные почвы в таежно-лесной зоне среди подзолистых. Свойства пород отражены в классификациях почв практически на всех уровнях — от типа почв (литогенные) до разряда, самой нижней таксономической единицы, которая характеризует происхождение пород.

Глава 4. Рельеф, его роль в почвообразовании

Рельеф — это совокупность форм земной поверхности разных масштабов. Наука о рельефе, его строении и происхождении — геоморфология. В зависимости от размеров форм земной поверхности различают мегарельеф, макрорельеф, мезорельеф и микрорельеф. **Мегарельеф** — это наиболее крупные неровности земной поверхности — материковые массивы и океанские впадины. **Макрорельеф** — крупные формы земной поверхности, занимающие большую площадь, с колебаниями высот, измеряемыми сотнями метров и километрами (горные хребты, плоскогорья, равнины). **Мезорельеф** — формы рельефа средних размеров с колебаниями высот, измеряемыми метрами и десятками метров (склоны, ложбины, балки, террасы и др.). **Микрорельеф** — мелкие формы рельефа, занимающие незначительные площади, с колебаниями высот в пределах одного метра (западины, блюдца, бугорки и др.). Разновидностью микрорельефа является **нанорельеф** — самые мелкие формы рельефа с колебаниями высот в пределах 30 см: кочки, неровности, связанные с обработкой почвы (борозды, гребни и др.).

Рельеф создается в результате одновременного воздействия на земную поверхность эндогенных (тектонических) и экзогенных сил, возбуждающих деятельность денудационных процессов: текущей воды, ветра, льда и др., гравитационных сил и пр. Те и другие силы действуют антагонистически. Эндогенные — создают крупные неровности, экзогенные — разрушают и понижают положительные формы рельефа и заполняют продуктами разрушения отрицательные формы.

Рельеф играет большую роль в процессах функционирования биосферы и в почвообразовании. Мега- и макроформы рельефа (материки, океаны, горные системы) участвуют в формировании воздушных масс и перераспределении тепла и влаги по земной поверхности, определяя климатические и погодные условия, а через них — макроэкосистемы с характерным почвенным покровом. Наглядным примером этого является вертикальная поясность в горах.

Мезо- и микроформы рельефа перераспределяют тепло и влагу в пределах склонов, повышений и понижений. Они определяют особенности микроклимата и глубину залегания грунтовых вод, тем самым формируя мезо- и микроэкосистемы с характерными особенностями почвенного покрова. Мезо- и микрорельеф

определяют размер и форму элементарных почвенных ареалов, образующих различные почвенные комбинации (сочетания, комплексы и др.) в структуре почвенного покрова.

Большое влияние рельеф оказывает на формирование агроэкосистем и хозяйственную деятельность человека. В качестве примеров можно привести земледелие горное и на равнинах, противоэрозионные системы земледелия на склонах. В последние годы разрабатываются адаптивно-ландшафтные системы земледелия, в которых рельеф является одним из ведущих факторов выбора культуры и технологий их выращивания.

С перераспределением влаги по элементам рельефа связана миграция твердых веществ с поверхностным стоком и растворенных — с поверхностным и внутрипочвенным стоком. Эти процессы обуславливают геохимические особенности ландшафтов, интенсивность процессов денудации и антропогенной эрозии.

4.1. Типы рельефа и их распространение

С учетом внешнего вида (морфологии) и происхождения (генезиса) выделяются следующие морфогенетические типы рельефа (по К.К.Маркову): 1) горный (структурно-тектонический); 2) структурный (пластовый); 3) скульптурный (эрозионный); 4) аккумулятивный (насыпной).

Горный, или структурно-тектонический тип рельефа подразделяется на несколько подтипов.

Высокогорный рельеф характеризуется самой высокой амплитудой колебаний высот и самыми высокими абсолютными высотами, значительной крутизной склонов с острыми вершинами, лишенными растительности. Рыхлые отложения здесь не накапливаются, и формируются слаборазвитые маломощные почвы. Этот тип рельефа характерен для горных систем Кавказа, Памира, Алтая и др.

Альпийский рельеф имеет черты высокогорного, но со значительным участием рыхлых ледниковых отложений в нишеобразных понижениях на склонах и в долинах, на которых широко распространены альпийские луга, используемые под пастбища. Альпийский рельеф распространен в горах Кавказа, Памира, Тянь-Шаня, встречается в более низких горных системах на Урале и в горах Сибири.

Нагорья представляют собой высокогорные выровненные поверхности со значительной мощностью рыхлых отложений и сформированными почвами. Распространены в Закавказье, Вос-

точном Памире, Алтае, Саянах, Становом хребте, горах северо-восточной Сибири. Здесь широко распространены альпийские луга и местами развито высокогорное земледелие.

Среднегорный рельеф характеризуется более низкими абсолютными высотами с амплитудой относительных колебаний высот от 0,5 до 2 км. Склоны менее крутые, поэтому покрыты щебнистым материалом и, как правило, находятся под лесами. Распространены практически во всех горных системах России.

Низкогорный рельеф характеризуется низкими абсолютными отметками и амплитудой относительных колебаний менее 0,5 км. Распространен этот тип по окраинам высоких и среднегорных систем.

Сельговый рельеф характеризуется амплитудой относительных колебаний в пределах 100-200 м. Межрядовые долины заполнены ледниковыми отложениями. Встречается в Карелии и на Кольском полуострове.

Структурный, или пластовый тип рельефа представлен плоскими, горизонтально залегающими пластами осадочных пород, устойчивыми к процессам денудации. В этом типе рельефа также выделяется несколько подтипов.

Плоскогорья высотой до 1 км, наибольшее распространение имеют в Средней Сибири.

Плато имеют высоту до 400 м. Распространены на северо-западе и востоке Европейской части России.

Куэсты — узкие плато, имеющие наклон в одну сторону. Распространены в Крыму и на Северном Кавказе.

Скульптурный, или эрозионный тип рельефа представлен равнинами, которые образовались в результате речной и плоскостной эрозии, морской абразии. Они имеют разную степень расчленения. Мощность четвертичных отложений более высокая в нижних частях склонов и в понижениях. Эрозионный тип рельефа характерен для Среднерусской, окраинных частей Окско-Донской и Среднеднепровской возвышенностей и Западно-Сибирской низменности.

Аккумулятивный, или насыпной тип рельефа характеризуется накоплением рыхлых четвертичных отложений в областях погружения. Он включает несколько подтипов.

Аллювиальные равнины — это слабо пониженные плоскохолмистые и плосковолнистые территории, охватывающие значительные части бассейнов крупных рек и их притоков. Они имеют мощную толщу четвертичных отложений, до нескольких десятков метров, представленных современными и древнеаллювиальными песчаными и суглинистыми отложениями. Аллювиальные равнины слабо расчленены, часто заболочены. К аллювиальным равни-

нам относится Ярославско-Костромская, Марийская. Огромная озерно-аллювиальная равнина расположена на юге Западной Сибири в бассейнах рек Иртыша и Тобола.

Ледниковый и водно-ледниковый аккумулятивный рельеф представлен холмистыми, холмисто-увалистыми равнинами, сложенными моренными и водно-ледниковыми отложениями. Такой рельеф занимает большие площади на северо-западе и севере европейской части России и на севере Западно-Сибирской низменности. Они представлены зандровыми равнинами в виде плоских конусов выноса подледниковых потоков и специфических моренных образований в виде холмов и валов высотой 20-25 м, получивших название озы, камы, друмлины.

Морской аккумулятивный рельеф представлен плоскими и плоско-волнистыми формами на побережье Северного Ледовитого океана и в Прикаспийской низменности. Они сложены морскими отложениями.

Эоловый аккумулятивный рельеф имеет наибольшее распространение в песчаных пустынях Средней Азии, а также на побережьях морей и озер. Для них характерны такие формы как барханы, бугристые и грядовые пески. Приморские, приозерные и приречные пески образуют дюны.

Перечисленные типы и подтипы характеризуют основные формы макрорельефа.

4.2. Формы и виды мезорельефа

Формы мезорельефа складываются из различных элементов рельефа. При расчленении территорий в системе междуречий выделяются следующие элементы рельефа: вершины водоразделов, склоны, подошвы склонов, шельфы склонов, днища межсклоновых западин, днища оврагов и балок, террасы, уступы и склоны террас.

Сочетания элементов рельефа образуют положительные формы мезорельефа — холмы, бугры, гривы, увалы, гряды, дюны, барханы, озы, камы, друмлины — и отрицательные — балки, ложбины, лощины, овраги, карстовые понижения, промоины (рис. 4.1).

Холмом называется небольшое возвышение округлой формы с широким основанием, постепенно сливающимся с равниной. Высота холма 40-100 м, иногда до 200 м.

Бугор характеризуется меньшей высотой (10-25 м) и более крутыми склонами.

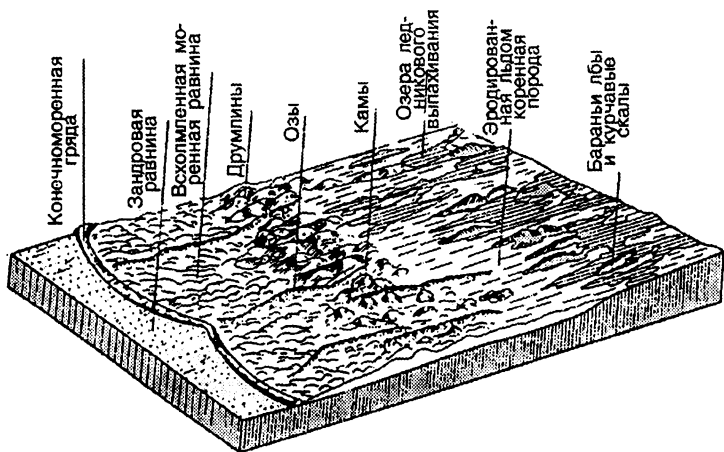


Рис. 4.1. Схема соотношения ледниковых и водно-ледниковых форм материковых отложений

Грива, гряда, увал — удлиненные возвышения, отличающиеся от холма тем, что их длина в несколько раз превышает ширину.

Гряды, имеющие форму длинных (до 30-40 км) узких валов моренного происхождения, называют озами. Их ширина 40-100 м; высота 25-30 м.

Друмлины — моренные холмы продолговато-овального очертания длиной до 25 км, шириной 10-150 м, высотой 5-25 м.

Камы — холмы моренного происхождения высотой до 100 м.

Овраги — линейно вытянутые понижения с крутыми или отвесными склонами, не задернованными растительностью, образовавшиеся в результате водной эрозии. Небольшие овраги глубиной до 1-2 м называются промоинами.

Балка отличается от оврага пологими задернованными склонами. В верховьях балка сужается, становится мельче и переходит в ложину, которая, в свою очередь, переходит в плоское понижение, называемое ложбиной.

Размеры оврагов и балок — до нескольких километров в длину, десятков метров в ширину и глубину.

В зависимости от сочетаний перечисленных форм различают следующие виды рельефа:

- холмистый — чередование холмов и равнинных пространств;

- гривистый, увалистый и грядовой — пониженные пространства чередуются с гривами, увалами или грядами;
- волнистый — плоские повышения чередуются с плоскими узкими понижениями;
- полого-волнистый — плоские широкие повышения чередуются с плоскими широкими понижениями с постепенными переходами между ними.

Для определения степени вертикального и горизонтального расчленения рельефа используют легко читаемые по топографической карте условные линии в местах пересечения различных склонов — водораздельные и подошвенные линии, тальвеги и бровки (рис. 4.2).

Водораздельная линия проходит по наивысшим точкам двух противоположных склонов и является границей водораздела. Горизонталь на топографической карте в местах пересечения с водораздельной линией сильно изогнуты.

Подошвенная линия разделяет основание склонов и равнинные участки, служит границей смытых и намытых почв.

Тальвеги представлены наиболее низкими частями дна оврагов, балок, русел рек. На топографических картах горизонталь в местах пересечения с линией тальвега сильно изогнуты.

Бровка — это линия резкого перегиба склона, она отделяет склоны, сильно отличающиеся крутизной. Расположены бровки по краям балок, оврагов, террас. В таблицах 4.1, 4.2 представлены группировки рельефа по степени горизонтального и вертикального расчленения.

4.1. Группировка рельефа по степени горизонтального расчленения

Степень расчленения	Расстояние между водораздельной линией и тальвегом, м
Слаборасчлененный	Более 1000
Среднерасчлененный	100-1000
Сильнорасчлененный	50-100
Очень сильно расчлененный	менее 50

4.2. Группировка рельефа по степени вертикального расчленения

Степень расчленения	Амплитуда перепада высот водораздела и тальвега, м	
	Равнинные территории	Холмистые территории
Мелкорасчлененный	менее 2,5	менее 25
Среднерасчлененный	2,5-5,0	25-50
Глубокорасчлененный	5-10	50-100

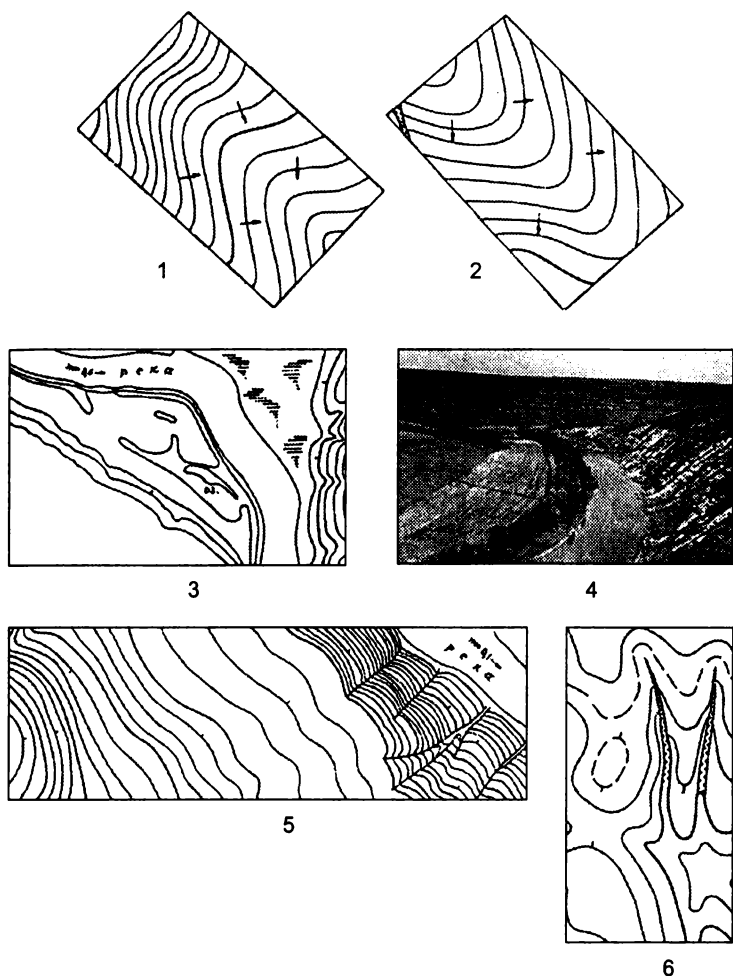


Рис. 4.2. Отображение рельефа на топографической карте (А.В.Гедымин, 1990):

- 1 — склон вогнутый в плане (стрелки указывают направление стока воды);
- 2 — склон выпуклый в плане;
- 3 — пойма и первая (надпойменная) терраса реки;
- 4 — пойма и коренная терраса;
- 5 — высокая (древняя) терраса реки, перекрытая делювиальным шлейфом;
- 6 — две балки с врезанными в их днища оврагами (восточная часть фрагмента карты) и пологий водораздел с двумя вершинами и седловиной между ними (западная часть карты).

Большое влияние на почвообразование, дифференциацию почвенного покрова и сельскохозяйственное использование почв оказывает крутизна склонов. По крутизне поверхности различают следующие виды склонов:

очень пологие	меньше 1°	крутые	8-20°
пологие	1-2°	очень крутые	20-45°
покатые	2-5°	обрывистые	более 45°
сильнопокатые	5-8°		

Для определения степени повреждения территории оврагами используются коэффициенты овражности и плотности оврагов.

Коэффициент овражности — отношение площади оврагов (га) к площади земельного фонда (км²). Коэффициент плотности оврагов — число оврагов на площади в 1 км². Для Среднерусской возвышенности средняя расчлененность водосборных бассейнов ложинно-балочным звеном составляет 0,92 км/км², средний коэффициент овражности — 0,6 га/км², средняя плотность оврагов — 14,1 на км².

Степень развития овражной эрозии характеризуется также суммарной протяженностью оврагов на км² площади. Соответственно различают слабую (менее 0,25 км/км²), среднюю (0,25-0,50), сильную (0,50-0,75) и очень сильную (более 0,75) степени.

Очень важными характеристиками рельефа являются длина, форма и экспозиция склона. По длине различают склоны длинные — более 500 м, средние — 500-50 м и короткие — менее 50 м.

По форме профиля выделяют склоны прямые, выпуклые, вогнутые, ступенчатые. Экспозиция склона оказывает влияние на поглощение солнечной радиации и температурные условия склонов.

4.3. Грунтовые воды

Глубина залегания грунтовых вод определяется, с одной стороны, рельефом, с другой — степенью водопроницаемости почвообразующих пород или отдельных их слоев. Некоторые ученые рассматривают грунтовые воды как отдельный самостоятельный фактор почвообразования. Аргументом этой точки зрения может служить такой пример: в условиях равнинного рельефа на участках с разной глубиной залегания грунтовых вод формируются разные почвы. Под воздействием почвенно-грунтовых вод может происходить заболачивание, оглеение, вынос и привнос растворимых продуктов почвообразования, поднятие и опускание солей при колебании уровня грунтовых вод и капиллярной каймы и др.

Все перечисленные процессы приводят к формированию почв с разными свойствами.

Почвенно-грунтовые воды (почвенная верховодка) формируются в пределах почвенного профиля на плотных горизонтах почв (чаще всего на иллювиальных). Они способны стекать вниз по склону, образуя внутрпочвенный сток. Расход воды на внутрпочвенный сток может достигать 10-25% от общего количества атмосферных осадков. Верховодка почвенная может существовать от одной недели до 2-3 мес. Она оказывает большое влияние на дифференциацию почв в пределах склона и геохимические особенности элементарных ландшафтов. К почвенно-грунтовым водам относятся также грунтовые воды в понижениях рельефа, в нижних частях склонов, в поймах рек, которые залегают в пределах почвенного профиля. В зоне тундры и в областях вечной мерзлоты такие воды являются преобладающими. Области питания и распространения этих вод совпадают, напор отсутствует. Летом колодцы с верховодкой часто пересыхают, зимой — промерзают. Эта группа вод широко распространена в степях на водораздельных пространствах в виде прерывистых, а иногда и более мощных линз в порах песчаных слоев.

Грунтовые воды формируются в рыхлых отложениях на слое водонепроницаемых пород выше базиса эрозии. Области питания и распространения у них могут совпадать (открытые грунтовые воды), водоупорная кровля отсутствует. Выше их залегают капиллярная кайма и пояс аэрации. Режим открытых грунтовых вод подвержен сильным сезонным колебаниям, связанным с режимом атмосферных осадков (рис. 4.3).



Рис. 4.3. Грунтовые воды:

Вп — верховодка почвенная; Вг — верховодка грунтовая; А — гумусовый горизонт почв; В — уплотненный иллювиальный горизонт; С — горная рыхлая порода; 1 — водоносный горизонт; 2 — водоупорный горизонт; O_c — атмосферные осадки; O_2 — кислород.

Если грунтовые воды прикрыты водонепроницаемыми породами, то область их питания находится за пределами области распространения. Это закрытые грунтовые воды. Если пласт горной породы полностью заполнен водой, то может возникать их напор. Режим этих вод менее подвержен сезонным колебаниям. Грунтовые воды аллювиальных отложений, залегающие вблизи рек, взаимодействуют с реками. В паводок движение воды происходит от реки (река питает грунтовые воды), летом, в межпаводковые периоды, вода движется к реке (грунтовые воды питают реки). Большая роль в регулировании уровня грунтовых вод принадлежит болотам, расположенным в верховьях рек, и впадающим в них притокам. Болота являются своеобразными аккумуляторами влаги, накапливающими ее в период дождей и снеготаяния и отдающими постепенно в остальное время года. Грунтовые воды могут быть вскрыты небольшими колодцами, позволяющими определять глубину их залегания и получать питьевую воду.

Артезианские воды залегают на большой глубине, характеризуются большим напором и служат источником питьевой воды во многих областях, особенно в тех, где грунтовые воды засолены.

Содержание минеральных веществ в грунтовых водах получило название — общая минерализация. В.И.Вернадский предложил следующие градации общей минерализации: пресные до 1 г/л, солоноватые — 1-10, соленые — 10-50, рассолы — более 50 г/л.

Грунтовые воды медленно движутся в направлении общего уклона, выполняя большую геохимическую работу в перераспределении продуктов выветривания и почвообразования. Скорость движения в песках и галечниках, по данным В.А.Ковды (1973), составляет 2-5 м/сутки, в суглинках — не более 1 м/сутки и в глинах — практически неподвижны (1 м/год).

В.А.Ковда (1973) приводит следующую характеристику грунтовых вод на территории Европейской части России:

1. В зоне тундры и в областях вечной мерзлоты грунтовые воды залегают близко к поверхности (0-0,5 м), очень пресные, содержат 0,01-0,03 г/л минеральных веществ и повышенное количество органических веществ.

2. В северной, частично в средней тайге грунтовые воды залегают на глубине 1-6 м, реже 8-10 м. Содержат минеральных веществ 0,2-0,3 г/л, в составе растворенных веществ большая доля принадлежит органическому веществу, кремнезему и закисному железу. Активно участвуют в питании рек.

3. В южной тайге и северной лесостепи уровень залегания грунтовых вод составляет 10-20 м в связи с усилением расчленен-

ности рельефа овражно-балочной сетью и, по-видимому, увеличением испаряемости. Минерализация увеличивается до 0,5 г/л. По составу воды бикарбонатно-кальциевые, иногда магниевые-натриевые. Участвуют в питании рек.

4. В лесостепной и степной зоне уровень залегания понижается до 30-60 м в связи с углублением овражно-балочной сети до 25-30 м и усилением испаряемости. Минерализация повышается до 0,75-3 г/л. Наряду с бикарбонатами кальция и магния в водах содержатся сернокислые и углекислые соли натрия. Роль в питании рек невелика в связи со слабым дебитом.

5. В сухих и полупустынных степях Прикаспийской низменности грунтовые воды залегают на глубине 1-10 м. Минерализация их в среднем составляет 5-20, иногда достигает 30-50 г/л при высокой концентрации углекислых солей натрия, сульфатов и хлоридов. Мало участвуют в питании рек, при высокой испаряемости вызывают процессы сильного засоления почв.

По положению в рельефе и глубине залегания грунтовых вод выделяют следующие группы почв, которые называются рядами увлажнения.

Автоморфные почвы — формируются на ровных поверхностях и склонах в условиях свободного стока атмосферных осадков и хорошей водопроницаемости почвенного профиля и почвообразующих пород, при глубоком (более 6 м) уровне залегания грунтовых вод.

Полугидроморфные почвы — образуются при кратковременном застое поверхностных вод или при залегании грунтовых вод на глубине 3-6 м (капиллярная кайма достигает почвенного профиля и корней растений).

Гидроморфные почвы — сформированы в условиях длительного поверхностного застоя вод или при залегании грунтовых вод на глубине менее 3 м (капиллярная кайма может достигать поверхности почвы).

4.4. Влияние рельефа на геохимические процессы ландшафтов

Закономерности миграции химических элементов от повышенных к депрессиям рельефа — предмет изучения геохимии ландшафтов. Основоположник этой науки Б.Б.Полынов ввел понятие “элементарный геохимический ландшафт”, который соответствует элементарному почвенному ареалу, экосистеме или биогеоценозу. Все разнообразие элементарных ландшафтов на земной поверхности и

связанных с ними почв Б.Б.Полынов по условиям миграции и аккумуляции веществ объединил в три группы: ландшафты элювиальные (на элювии горных пород); супераквальные (надводные) в нижних частях склонов и субаквальные (подводные).

Впоследствии М.А.Глазовской была разработана более детальная классификация элементарных ландшафтов.

Элювиальные (они также называются автономные, автоморфные, субэральные) ландшафты и свойственные им почвы занимают повышенные элементы рельефа, при глубоком залегании грунтовых вод. Процесс почвообразования протекает независимо от грунтовых вод и от бокового привноса веществ. Атмосферные осадки и продукты почвообразования, растворенные в них, просачиваются вглубь или перемещаются вниз по склону с поверхностным или внутрипочвенным боковым стоком. В этой группе ландшафтов выделяются: а) геохимически независимые; б) геохимически подчиненные. Последние представлены понижениями на водоразделах, где почвы развиваются в условиях периодического привноса веществ с поверхностным или внутрипочвенным стоком (но не с грунтовыми водами). Геохимически подчиненные ландшафты называются также аккумулятивно-элювиальными.

Транзитные ландшафты занимают склоны водоразделов и повышений. Для них характерна миграция веществ как в виде растворов, так и в виде твердого стока. В зависимости от условий стока выделяются трансэлювиальные и трансэлювиально-аккумулятивные. В первых преобладает вынос (верхние части склонов), во вторых наряду с выносом происходит накопление (аккумуляция) веществ (нижние части склонов), причем в аккумуляции веществ могут периодически принимать участие грунтовые воды.

Аккумулятивные ландшафты занимают, как правило, равнинные территории, прилегающие к склонам, замкнутые водоемы и поймы рек, на которых происходит преимущественно аккумуляция (осаждение и накопление) веществ. Эти ландшафты разделяются на супераквальные (гидроморфные, надводные), субаквальные (подводные) и аквальные (водные). Супераквальные ландшафты формируются при обязательном участии грунтовых вод (именно поэтому их называют гидроморфными). Они подразделяются на транссупераквальные, частично дренируемые, с интенсивным водообменом, и собственно супераквальные ландшафты замкнутых понижений со слабым водообменом.

Субаквальные (подводные) ландшафты подразделяются на трансаквальные (реки, проточные озера) и аквальные (непроточные озера).

В пределах геохимических ландшафтов от местного водораздела к местной депрессии формируются топографические ряды почв, связанные между собой боковой миграцией веществ (поверхностной, внутрипочвенной или через грунтовые воды), которые получили название — почвенно-геохимические катены.

Геохимические барьеры и ареалы аккумуляции. Миграция веществ с водой осуществляется во взвешенном, истинно растворимом и коллоидном состоянии. Чем выше растворимость веществ в воде, тем больше их миграционная способность. Б.Б.Полынов установил пять групп миграции веществ при элювиальном выветривании:

Энергично выносимые (Cl, Br, I, S)	10 н
Легко выносимые (Ca, Na, K, Mg)	1 н
Подвижные (SiO ₂ , P, Mn)	0,1 н
Слабо подвижные (Fe, Al, Ti)	0,01 н
Инертные (SiO ₂ кварца)	0

Участки, где изменение условий миграции приводит к снижению подвижности или накоплению веществ, Б.Б.Полынов назвал геохимическими барьерами. Им выделено три типа геохимических барьеров.

1. Биогеохимические барьеры, при которых происходит биогенная аккумуляция химических элементов в лесных подстилках, гумусовых горизонтах почв, торфах и др.

2. Физико-химические барьеры приводят к накоплению химических соединений за счет осаждения при смене физико-химических условий. Выделяют окислительные, восстановительные, сульфатные, карбонатные, щелочные, кислые, испарительные, термодинамические барьеры. В качестве примеров можно привести образование ожелезненных горизонтов в подзолистых почвах, накопление болотных руд (окислительный барьер), образование ареалов с повышенным содержанием солей (испарительный) и др.

3. Механические барьеры образуются на участках изменения скорости движения вод, при этом происходит механическое осаждение взвешенных частиц. Они характерны для аллювиальных, делювиальных и иллювиальных процессов.

Геохимические барьеры могут быть вертикальными (на границе почвенных горизонтов), линейными (на границе различных геохимических ландшафтов), площадными, формирующими ареалы аккумуляции продуктов выветривания.

Глава 5. Климат, его роль в почвообразовании

Климат формируется под влиянием космических факторов (энергия Солнца) и геосферных (влияние земной поверхности на формирование воздушных масс). Он оказывает многостороннее влияние на биосферу, процессы почвообразования, свойства почв и почвенного покрова. Влияние климата на почвообразование проявляется как непосредственно, обуславливая водно-воздушный, тепловой, биологический, геохимический режимы почв, так и косвенно через другие компоненты биосферы: атмосферу, гидросферу, почвообразующие породы, рельеф, растительный, животный мир и хозяйственную деятельность человека.

Все перечисленные компоненты биосферы зависят от тепловой энергии Солнца и условий увлажнения. С климатом связана широтная зональность биосферы (выветривание, денудация и др.), в том числе почвенных процессов (гумусонакопление, оподзоливание и др.) и вертикальная поясность в горах.

Главными показателями климата являются тепло- и влагообеспеченность территорий. Температурный режим почв следует за температурным режимом приземного слоя атмосферы, но отстает от него. Среднегодовые температуры воздуха и почвы в пределах территории России возрастают с севера на юг и с востока на запад. Среднегодовая температура почвы на глубине 20 см изменяется в пределах России от -12 до $+16^{\circ}\text{C}$. Область отрицательных среднегодовых температур совпадает с областью распространения многолетней мерзлоты.

В качестве критерия выделения термических групп климатов (термических поясов) принята сумма среднесуточных температур более 10°C (таблица 5.1).

5.1. Обеспеченность теплом географических поясов северного полушария

Географический пояс	Сумма температур $> 10^{\circ}\text{C}$	
	на западе Евразии	на востоке Евразии
Полярный (холодный)	400-600	400-600
Бореальный (умеренно холодный)	600-2400	600-1800
Суббореальный (умеренно теплый)	2400-4000	1800-3200
Субтропический (теплый)	4000-8000	3200-7000
Тропический (жаркий)	>8000	>7000

Для каждого термического пояса характерны определенные типы растительности и почв, поэтому в системе почвенно-географического районирования их называют почвенно-биоклиматическими поясами.

В пределах почвенно-биоклиматических поясов существуют значительные различия по условиям увлажнения и степени континентальности климата, оказывающие большое влияние на дифференциацию типов растений и почв. В связи с этим выделяют почвенно-биоклиматические области по влагообеспеченности и степени континентальности климата.

Для характеристики обеспеченности влагой используются гидротермические коэффициенты, рассчитываемые по отношению осадков к испаряемости. Наибольшее распространение получил коэффициент увлажнения (КУ), предложенный Г.Н.Высоцким (1904) и разработанный для географических зон Н.Н.Ивановым (1948), известный под названием "коэффициент Высоцкого-Иванова". Он рассчитывается как отношение среднегогодового количества осадков за год к испаряемости, определенной с поверхности водоемов. В соответствии с водообеспеченностью выделяются группы климатов или почвенно-биоклиматические области (таблица 5.2).

5.2. Шкала классификации климата по условиям влагообеспеченности

Области обеспеченности влагой	Почвенно-растительные зоны	КУ (Высоцкого-Иванова)
Избыточно влажные (экстрагумидные)	Тундра, тайга с глееподзолистыми почвами	>1,33
Влажные (гумидные)	Таежные и лиственные леса с подзолистыми и дерново-подзолистыми почвами	1,33-1,0
Полувлажные (семигумидные)	Лесостепь с серыми лесными почвами и лесостепными черноземами	1,0-0,77
Полузасушливые и засушливые (субаридные)	Черноземы обыкновенные и южные степной зоны	0,77-0,44
Очень засушливые (субаридные)	Сухие степи с темнокаштановыми и каштановыми почвами	0,44-0,33
Полусухие и сухие (семиаридные)	Полупустыни со светлокаштановыми и бурыми пустынно-степными почвами	0,33-0,12
Очень сухие (аридные)	Пустыни с серо-бурными почвами и такырами	<0,12

В основу разделения климата по степени континентальности положена годовая амплитуда температур. Коэффициент континентальности вычисляется по формуле, предложенной Н.Н.Ивановым: $K = A \cdot 100 / 0,33 M$, где A — годовая амплитуда температуры из среднемесячных ее величин, M — широта местности. Для океанических областей степень континентальности (величина K) — менее 100%, для слабоумеренных и среднеконтинентальных — 100-250 и резкоконтинентальных — более 250%.

При агроклиматическом районировании (Д.И.Шашко, 1967) кроме обеспеченности теплом, влагой и континентальности климата используются следующие показатели: продолжительность периода вегетации с $t > 10^{\circ}\text{C}$; суровость зимы, определяемая средней температурой самого холодного месяца; снежность зимы, характеризуемая высотой снежного покрова.

Большое влияние на местные условия почвообразования оказывают микроклиматические условия, которые зависят от рельефа, растительного покрова, наличия водоемов и других биосферных факторов. Их необходимо учитывать при формировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Например, почвы на склонах разной экспозиции, получающие разное количество тепла, имеют разную степень смывости, степень оглеения, мощность гумусового слоя и др.

Климат влияет на эффективность земледелия, величину урожая как опосредованно, через свойства и плодородие почв, так и прямо, обуславливая оптимальные условия температуры и влажности атмосферы, освещенность, величину снежного покрова и др. Поэтому с климатическими условиями связан и набор культур, способных давать урожай при данных климатических условиях, и величина урожая. Даже на почвах одного и того же типа, например, черноземах выщелоченных, но в разных климатических условиях (Европейская часть России, Западная Сибирь, Восточная Сибирь) набор культур и максимальная величина урожая прежде всего определяются климатическими условиями. Из этого следует, что культурные растения в значительно большей степени реагируют на изменение климатических условий, по сравнению с почвами. Поэтому оценка плодородия почв должна проводиться в системе оценки ландшафтов, с обязательным учетом климатических условий и положения в рельефе.

Глава 6. Биологические факторы почвообразования

За время существования жизни на Земле живое вещество преобразовало огромное количество солнечной энергии в химическую и механическую работу процессов выветривания. Часть энергии трансформировалась в потенциальную и длительное время в виде громадных запасов органических и органо-минеральных веществ (нефть, уголь, торф, гумус и др.) сохраняется в земной коре. Живое вещество существенно изменило химический состав атмосферы, литосферы и гидросферы.

Благодаря живому веществу сформировалась почва и главное ее свойство — плодородие. В основе почвообразования лежит биологический круговорот веществ, сущность которого заключается в том, что химические элементы литосферы, вода и элементы атмосферы поглощаются живыми организмами, перегруппировываются и возвращаются в почвы, но уже в новом качестве и других количествах.

По данным А.П.Виноградова (1957), около 70% живого вещества приходится на кислород, 18 — на углерод, около 10 — на водород, остальные 2,0-2,5% представлены такими элементами, как азот, кальций (от 1 до 10%), сера, фосфор, калий, кремний (0,1-1%); железо, натрий, хлор, алюминий, магний (0,01-0,1%). Эти же элементы составляют более 99% веществ, слагающих литосферу и почвы, но в других соотношениях.

В составе живых организмов значительно выше, чем в составе литосферы, содержание углерода, водорода и кислорода и значительно ниже — кальция, магния, калия, натрия, железа, алюминия и кремния.

Существует большое разнообразие живых организмов. В основу классификации биоты положены тип питания и тип строения живых организмов (рис. 6.1). По типу питания выделяются эукариоты — истинные ядерные (растения и водоросли, животные и грибы) и прокариоты — доядерные (бактерии, архебактерии и синезеленые водоросли). Из выделенных семи групп формируются четыре царства живой природы:

- растения — первичные продуценты органических веществ;
- животные — потребители органических веществ на разных трофических уровнях;
- грибы — разлагатели органических веществ с абсорбционным типом питания;

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ		Продуценты	Редуценты	Консументы
ТИП ПИТАНИЯ:		Автотрофный	Гетеротрофный	
		Фотосинтез	Абсорбция	Переваривание
ТИП СТРОЕНИЯ	Эукариоты; тканевые	Растения <i>Plantae</i>		Животные <i>Animalia</i>
	Эукариоты; одноклеточные и многоклеточные	Водоросли	<i>Mycota</i> Грибы	Простейшие
	Прокариоты; преимущественно одноклеточные	Фотобактерии Скотобактерии Архебактерии <i>Procarvotae</i>		

Рис. 6.1. Царства живой природы (по И.П.Бабьевой, 1989)

– прокариоты — доядерные микроскопические организмы (бактерии, архебактерии и синезеленые водоросли). В экологических цепях они выступают в роли продуцентов (синезеленые водоросли) и редуцентов-разлагателей органического вещества.

6.1. Зеленые растения, малый биологический круговорот веществ

Живое вещество Земли на 99% представлено массой растительных организмов, поэтому характер биологического круговорота определяется, в первую очередь, зелеными растениями. Главной функцией растений в биосфере и в почвообразовании является синтез органического вещества и накопление потенциальной энергии в почве.

Зеленые растения представлены лесными и травянистыми сообществами, влияние которых на почвообразование существенно различается. Для характеристики биологического круговорота веществ и роли растений в почвообразовании учитываются следующие показатели:

- общая биомасса (фитомасса) — общее количество живого органического вещества в надземной и подземной сферах;
- мертвое органическое вещество — количество органичес-

кого вещества, заключенное в отмерших остатках растений. Отдельно различают: запасы гумуса, лесных подстилок, степного войлока, количество ежегодного надземного опада (листья, хвоя, стебли, ветошь и др.), количество ежегодного корневого опада, запасы легкоразлагаемого органического вещества (детрита);

- зольность — содержание зольных элементов в растениях и их частях (рассчитывается в % к массе абсолютно сухого вещества). Отдельно рассчитывают зольность фитомассы, годового прироста, опада, подстилки, торфов;
- годичный прирост — масса нарастающего вещества в надземной и подземной сферах сообщества;
- интенсивность разложения органического вещества — отношение подстилки к опадку зеленой части растений.

В таблице 6.1 приведены показатели биологического круговорота растительных сообществ основных природных зон в составе древесных, кустарниковых, травянистых и мохово-лишайниковых формаций.

Для биологического круговорота веществ лесных сообществ характерно длительное исключение из него значительной части азота и зольных элементов, которые накапливаются в стволах и ветвях. Только незначительная часть органических веществ (3-5 т/га) поступает ежегодно в почву в форме наземного опада (хвоя, листья, ветошь и др.). Вместе с ними в почву возвращаются 50-300 кг/га зольных элементов и азота, значительная часть которых накапливается в составе лесной подстилки и постепенно, за 3-10 и более лет, высвобождается при ее разложении. Продукты разложения вновь вовлекаются в биологический круговорот, а частично, с атмосферными осадками, поступают в нижележащие горизонты почвенного профиля, вплоть до грунтовых вод.

Для биологического круговорота травянистых сообществ характерно значительно меньшее накопление общей массы, но существенно большее возвращение с ежегодным опадом (до 15 т/га сухого вещества) по сравнению с лесными формациями. В сообществах луговых степей до 700 кг зольных элементов и азота ежегодно возвращаются в почву вместе с опадом. Значительная часть опада (до 70%) поступает не на поверхность почвы, а в форме корней в верхние горизонты почвенного профиля, что способствует накоплению гумуса и формированию структуры (агрегатов разного размера) почвы. С величиной ежегодного опада тесно связано количество образующегося гумуса, численность микрофлоры и микрофауны.

Интенсивность разложения опада определяется, в первую очередь, гидротермическими условиями. Если в условиях влажных тропических лесов при величине опада в 25 т/га лесная подстилка составляет только 2 т/га, то в лесах умеренного пояса из 3-5 т/га опада накапливается 30-50 т/га лесной подстилки. Различия в биохимическом составе растительного опада обуславливают разную скорость его разложения даже в одинаковых гидротермических условиях, что отражается на составе образующегося гумуса. Большое влияние на почвообразование оказывают зольность опада, количество оснований и азота в его составе. Зольность растений в среднем составляет около 1,5%, но во многих злаковых и эфемерно-полынных сообществах может достигать 8-10%, а в галофитных сообществах на солончаках — даже 20-50%.

Растения обладают свойством избирательно поглощать и концентрировать из рассеянного состояния химические элементы, необходимые для их роста и развития. Благодаря этому в почвах происходит биогенное накопление ряда биофильных элементов, таких как фосфор, кальций, магний, калий, сера и др. Обогащение верхних слоев почвы основаниями и азотом способствует образованию и накоплению в них гумуса. В процессе питания корни растений в обмен на поглощенные ими элементы питания продуцируют значительное количество корневых выделений, в составе которых много ионов водорода и анионов органических кислот. По данным ряда ученых, корневые выделения составляют десятки и сотни килограммов на 1 га. Вместе с органическими кислотами, образующимися при разложении опада, и углекислотой, выделяемой при дыхании корней, они проделывают большую химическую работу, вовлекая в биологический круговорот веществ новые порции химических элементов из горных пород и минералов.

Растения, наконец, защищают почву от эрозионных процессов. В естественных условиях количество сносимого эрозионными процессами материала компенсируется процессами почвообразования.

6.2. Роль животных в почвообразовании

Главной функцией животных в биосфере и в почвообразовании является потребление и разрушение органического вещества зеленых растений. Биомасса почвенных животных составляет, по разным оценкам, от 0,5% до 5% фитомассы и может достигать в умеренных широтах 10-15 т/га сухого вещества (Ковда В.А., 1973).

6.1. Биологический круговорот веществ (в ц на 1 га) (по Л.Е.Родину и Н.И.Базилевич, 1965)

Растительные сообщества	Органическое вещество					Зольные элементы и азот				Азот			
	Общая биомасса	В т.ч. биомасса корней	Ежегодный прирост	Ежегодный опад	Запасы орг. остатков в лесной подстилке / степном войлоке	В биомассе	Ежегодно потребляется	Ежегодный возврат с опадом	Содерж. в лесной подстилке / степном войлоке	В биомассе	Ежегодно потребляется	Ежегодно возвращается	% от суммы хим. элементов в опаде
Арктические тундры	50	35	10	10	35	1,6	0,38	0,37	2,8	0,81	0,21	0,20	53
Сосняки южной тайги	2800	636	61	47	448	18,8	0,85	0,58	17,3	6,64	0,27	0,16	28
Ельники южной тайги	3300	735	85	55	350	27,0	1,55	1,20	13,0	7,20	0,41	0,35	29
Березняки	2200	505	120	70	300	21,0	3,80	2,90	16,0	8,75	1,50	0,90	30-40
Сфагновые болота	370	40	34	25	>1000	6,1	1,09	0,73	—	2,29	0,40	0,25	
Дубравы	4000	960	90	65	150	58,0	3,40	2,55	8,0	11,50	0,95	0,57	19-26
Луговые степи	250	170	137	137	120	11,8	6,82	6,82	8,0	2,74	1,61	1,61	22-28
Сухие степи	100	85	42	42	15	3,5	1,61	1,61	0,7	1,03	0,45	0,45	17-36
Пустыни	43	38	12	12		1,85	0,59	0,59		0,61	0,18	0,18	24-31
Саванны сухие	268	113	73	72		9,78	3,19	3,12		2,38	0,81	0,80	26
Субтропические леса	4100	820	245	210	100	52,8	9,93	7,95	6,0	13,59	2,77	2,26	28

В пищевых цепях организмов существует поток постоянно уменьшающейся энергии от растений к травоядным, от травоядных к хищникам, некрофагам, микроорганизмам.

Растительные и животные остатки разрушаются различными группами почвенных животных:

- фитофаги (нематоды, грызуны и др.), питающиеся тканями живых растений;
- хищники (простейшие, скорпионы, клещи) питаются живыми животными;
- некрофаги (жуки, личинки мух и др.) поедают трупы животных;
- сапрофаги (термиты, муравьи, многоножки и др.) питаются тканями мертвых растений;
- капрофаги, разновидность сапрофагов (жуки, мухи и их личинки, простейшие, бактерии и др.) питаются экскрементами других животных;
- детритофаги используют в пищу детрит.

По размерам особей выделяют четыре группы:

- микрофауна — организмы, размер которых менее 0,2 мм (простейшие, нематоды);
- мезофауна — организмы размером от 0,2 до 4 мм (микрартроподы, насекомые, некоторые виды червей и др.);
- макрофауна — животные размером от 4 до 80 мм (земляные черви, моллюски, муравьи, термиты и др.);
- мегафауна — животные размером более 80 мм (крупные насекомые, скорпионы, кроты, грызуны, лисы, барсуки и др.) (рис. 6.1).

Общая численность беспозвоночных особей — червей, нематод, ногохвосток, членистоногих — достигает десятков млн экземпляров на 1 м². Число нор сусликов и кротов в степных почвах достигает 2-4 тыс. на га. Дождевые черви ежегодно пропускают через свой кишечник в разных природных зонах от 50 до 600 т мелкозема. Экскременты дождевых червей (капролиты) повышают содержание гумуса и существенно улучшают свойства почв. Большую работу проводят простейшие (протозоа), размер которых составляет несколько микрон, а численность достигает до 1,5 млн в 1 г почвы. Они разлагают органические остатки до более простых соединений, подготавливая их таким образом для гумификации.

Землерои могут существенно изменять свойства почв и микрорельеф, перемещая мелкозем из глубоких слоев на поверхность почвы. Образование бугорков приводит к перераспределению влаги и солей и может являться причиной формирования почв с разными свойствами.

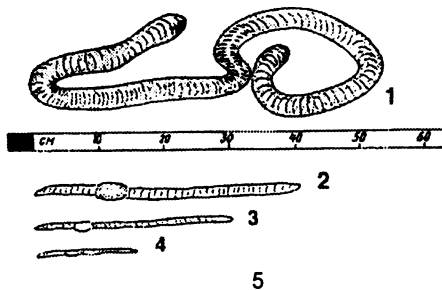
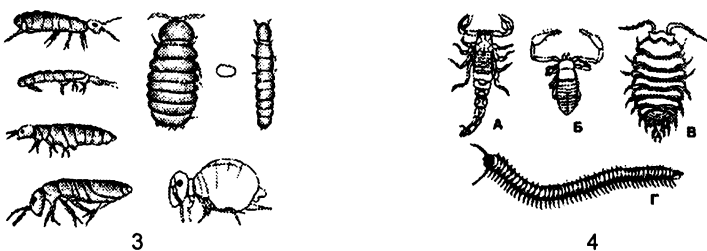
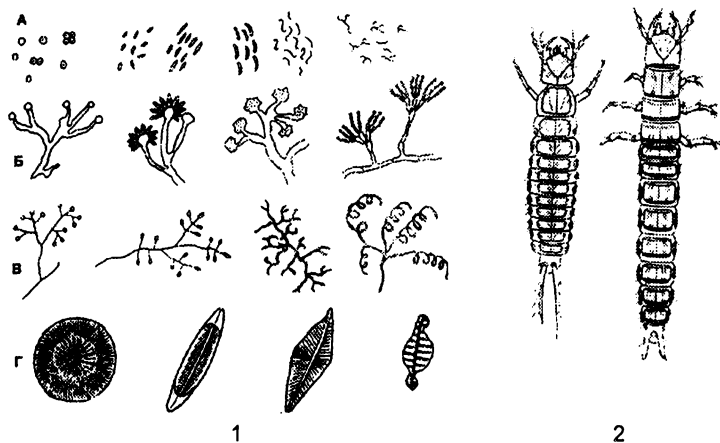


Рис. 6.1. Почвенные животные:

1 — микроорганизмы (А — бактерии, Б — низшие почвенные грибы, В — актиномицеты, Г — диатомовые водоросли) (по Д.М.Новоградскому, 1956); 2 — хищные почвенные личинки жуков-жужелиц (по Д.А.Криволицкому, 1969); 3 — разные виды почвенных ногохвосток (коллембол); 4 — представители почвенной мезофауны (А — скорпион, Б — ложноскорпион, В — мокрица, Г — кивсяк) (по Криволицкому, 1969); 5 соотношение размеров дождевых червей (1 — *Megascoloides australis*, 2 — *Allolobophora magnifica*, 3 — *Lumbricus terrestris*, 4 — *L. rubellus*) (по И.П.Бабьевой, 1989).

Таким образом, почвенные животные перерабатывают растительные остатки до более простых соединений, перемешивают и разрыхляют почвенный мелкозем, особенно верхние слои, улучшают питательный режим, обогащают почву экскрементами, тем самым постоянно формируют условия для жизнедеятельности растений и особенно для микроорганизмов.

6.3. Роль микроорганизмов в почвообразовании

Деятельность микроорганизмов в почвах весьма разнообразна. При их участии происходят гумификация и минерализация органических веществ растительного и животного происхождения, восстановление и окисление органических и минеральных соединений, фиксация атмосферного азота, процессы нитрификации и денитрификации, разложение и образование минералов и др.

Численность микроорганизмов измеряется миллионами и миллиардами в 1 г почвы.

Их масса может достигать 1-2 т/га сухого вещества. Существует большое разнообразие микроорганизмов. В почвах преобладают бактерии, актиномицеты и грибы. Большую роль в процессах почвообразования играют почвенные водоросли, все больше появляется данных в научной литературе о присутствии в почве внеклеточных форм микроорганизмов — вирусов.

Почвенные водоросли — одно- и многоклеточные микроорганизмы — содержат хлорофилл и обладают фотосинтезирующей способностью. Общее количество видов водорослей около 2000. Количество клеток в 1 г почвы составляет от 5 тыс. до 1,5 млн. Биомасса в слое 0-10 см может достигать сотен килограмм на 1 га. Водоросли хорошо видны на полях до посева и после уборки урожая в виде позеленения поверхности почвы, которое получило название “цветение”. “Цветение” почвы считается в народе приметой хорошего урожая.

Микроводоросли, так же как и растения, обогащают почву органическим веществом, то есть они являются первичными продуцентами органического вещества.

Диатомовые водоросли играют большую роль в трансформации соединений кремния и кальция. Синезеленые водоросли (цианобактерии) обладают способностью фиксировать атмосферный азот и выделять кислород и тем самым способны существенно улучшать плодородие почв рисовых полей, а также некоторых почв субтропических и тропических областей (такры, аллювиальные по-

чвы речных долин и др.). Водоросли активно участвуют в процессах выветривания и готовят почву для поселения растений.

Почвенные грибы — нитевидные одноклеточные и многоклеточные гетеротрофные, сапрофитные микроорганизмы, насчитывающие более 100 тыс. видов. В процессе питания они обладают способностью разлагать органические вещества, участвуют в минерализации растительных и животных остатков и в образовании гумусовых кислот, способных разрушать первичные и вторичные минералы в почвах. Кроме того они синтезируют и выделяют во внешнюю среду разнообразные гидролитические ферменты, которые расщепляют любые органические субстраты, вплоть до лигнина. За сутки грибы разлагают в 2-7 раз больше органического вещества, чем потребляют. Мицелий грибов может достигать длины 700-1000 м в 1 г почвы. Он способствует агрегации (оструктурированию) почвенных частиц. Выделяя в среду многие органические кислоты, грибы растворяют первичные и вторичные минералы и переводят химические элементы в доступные для растений формы. Грибы-хищники уничтожают многих вредителей корневых систем растений (нематод, амёб) и перспективны для разработки биологических методов борьбы с ними.

Выделяется большая группа грибов-симбионтов, сожительствующих с водорослями в составе лишайников, играющих большую роль в первичном почвообразовательном процессе.

Многие виды грибов могут приносить вред. Они вызывают ряд заболеваний культурных растений, могут быть причиной порчи сельскохозяйственной продукции и пищевых продуктов, деревянных построек и строительных покрытий. Среди грибов есть возбудители опасных заболеваний животных и человека.

Плодовые тела многих грибов (более 100 видов) употребляются в пищу как человеком, так и многими животными.

Бактерии — наиболее многочисленная группа микроорганизмов в почве. Их численность может достигать нескольких миллиардов в 1 г почвы.

По типу питания они могут быть гетеротрофными и автотрофными, по отношению к потребностям в свободном кислороде — аэробными и анаэробными, по виду используемой энергии — фототрофными (световая) и хемотрофными (химическая). Бактерии выполняют самые разнообразные процессы в почвах.

Фотобактерии — многие представители обладают азотфиксирующей способностью.

Скотобактерии — разлагают легкодоступное органические вещества, в том числе в прикорневой зоне (ризосфере).

Псевдомонады — некоторые представители обладают денитрификационной способностью.

Азотобактерии — свободноживущие аэробные азотфиксаторы.

Клубеньковые бактерии — обладают симбиотической азотфиксацией.

Энтеробактерии — некоторые представители — активные возбудители гнилостного процесса (распад белков).

Почкующиеся бактерии — обладают нитрифицирующей, а некоторые и денитрифицирующей способностью.

Цитофаги — активные разлагатели целлюлозы.

Спорообразующие бациллы — амонификация белков, мочевины, разлагают фосфорорганические соединения.

Спорообразующие сахаролитические — сбраживают в анаэробных условиях простые углеводы, крахмал, целлюлозу, некоторые способны фиксировать молекулярный азот.

Спорообразующие клостридии — разлагают в анаэробных условиях белки и вызывают гниение.

Пуринолитические — сбраживают в анаэробных условиях гетероциклические соединения, пурины и пиримидины.

Сульфоредуцирующие — окисляют органические кислоты.

Артробактерии — обладают способностью к минерализации органических веществ, в том числе гумусовых в аэробных условиях.

Актиномицеты — способны разлагать клетчатку, лигнин, гумусовые вещества.

Нокардии — разлагают сложные органоминеральные соединения, в том числе гумусовые вещества.

Архебактерии (метанобразующие, сероокисляющие, серовосстанавливающие, галобактерии) — способны использовать лишь низкомолекулярные органические соединения, часто в экстремальных температурных условиях и в условиях сильного засоления.

Вирусы и фаги. Это особая группа мелких паразитов, способных развиваться только внутри клеток всех живых организмов, вызывая болезнь макроорганизмов или полную гибель микробных клеток. Они не имеют клеточного строения и существуют в виде инфекционных частиц — вирионов.

Микроорганизмы выполняют свои функции в процессе метаболизма (обмена веществ). Метаболизм включает в себя две группы процессов — катаболизм и биосинтез. Катаболизм (энергетический обмен) — это процессы расщепления пищи — углеводов, жиров, белков — в основном за счет реакций окисления с выделением энергии. Различают две формы катаболизма — аэробное дыхание и брожение. При аэробном дыхании осуществляется полное разруше-

ние органических веществ до конечных, бедных энергией продуктов: углекислого газа, воды и простых солей (минерализация). При брожении происходит неполный распад органических веществ с накоплением энергоемких конечных продуктов в виде этилового спирта и простых кислот. Биосинтез объединяет процессы синтеза макромолекул клетки (нуклеиновых кислот, белков, полисахаридов) из более простых соединений, присутствующих в окружающей среде. Катаболизм и биосинтез протекают одновременно. Метаболизм происходит при участии ферментов.

6.4. Ферменты

Ферменты — биологические катализаторы. Они ускоряют химические реакции. Ферменты представляют собой белки с молекулярной массой от нескольких тысяч до нескольких миллионов, несущие множество функциональных групп, осуществляющих катализ. В настоящее время известно около 2 тыс. ферментов, катализирующих специфические реакции, которые объединяются в классы: оксидоредуктазы (окислительно-восстановительные реакции); гидролазы (расщепление белков, жиров и углеводов) и др.

Некоторые ферменты выделяются клетками в окружающую среду (экзоферменты) и активно участвуют в расщеплении крупных молекул.

Выполняя роль катализаторов, ферменты в миллионы раз ускоряют химические реакции. Ферментативная активность почв пропорциональна биологической активности. Поступив в почву, часть ферментов разрушается, часть стабилизируется в результате связывания с почвенными минералами и органическим веществом. Благодаря ферментам микроорганизмы способны использовать для питания разнообразные органические соединения и расщеплять их до конечных продуктов — газов и простых солей, которые вновь вовлекаются в биологический круговорот.

Глава 7. Возраст почв

Как и всякое природное тело, почва развивается во времени и имеет определенный возраст. *Абсолютный возраст* — время, прошедшее с начала формирования почвы до настоящего момента. Возраст почвенного покрова Земли очень сильно различается в зависимости от геологической истории и современных геологических процессов.

Наиболее древними являются почвы плато и денудационных равнин субтропических и тропических областей, не подвергавшихся оледенениям и сохранившихся с третичного времени. Их возраст измеряется миллионами и десятками миллионов лет. За это время почвообразование неоднократно меняло свою направленность, и многие реликтовые свойства сохранились в профиле почв. Такие почвы называют полигенетическими. На территории России они встречаются очень редко, в основном на третичных отложениях. Наиболее молодыми являются аллювиальные почвы речных долин на современных аллювиальных отложениях. Их возраст измеряется часто сотнями, десятками лет и даже несколькими годами. Основная часть почв территории Европейской части России имеет послеледниковый, голоценовый возраст порядка 10-12 тыс. лет. За это время сформировались зрелые почвы зонального ряда (подзолистые, серые лесные, черноземы и др.). Абсолютный возраст гумусовых веществ нижней части профиля черноземов достигает 7-8 тыс. лет.

Относительный возраст характеризует зрелость — степень развития конкретной почвы, соответствие ее профиля факторам почвообразования.

В процессе почвообразования каждая почва проходит ряд последовательных стадий (Г.Иенни, 1948; Б.Г.Розанов, 1988). Первая стадия начального, или первичного почвообразования сменяется стадией развития, в которой формируется полноразвитый зрелый почвенный профиль, соответствующий факторам почвообразования. При этом достигается следующая стадия квази-равновесия, или, по терминологии западноевропейских ученых, — “климаксное” состояние. В этой стадии почва может находиться длительное время, постепенно сменяясь стадией эволюции.

Эволюция почв связана с саморазвитием экосистемы или с изменением одного или нескольких факторов почвообразования — климата, растительности, уровня грунтовых вод, опускания-поднятия территории, хозяйственной деятельности человека и др. Стадия эволюции сопоставима со стадией развития и ведет к новому квази-равновесному состоянию. Таких циклов почвообразования на одном и том же субстрате может быть несколько. Длительность стадий зависит от факторов почвообразования. На рыхлых породах они протекают значительно быстрее, чем на плотных массивно-кристаллических. В связи с этим на плотных породах часто наблюдаются слаборазвитые почвы, сохранившие в себе в основном свойства пород и в меньшей степени зональные признаки. Такие почвы часто называют молодыми, или литогенными в отличие от зрелых с хорошо сформированным профилем.

Глава 8. Хозяйственная деятельность человека как фактор почвообразования

Этот фактор почвообразования еще в прошлом веке имел локальное значение, а в настоящее время является глобальным. Воздействие человека на почвы и почвообразовательные процессы осуществляется как прямо, так и опосредованно через влияние на биосферу, атмосферу и гидросферу. Влияние человека на биоту и биологический круговорот веществ заключается в сведении лесов и освоении значительных площадей под пашню, в регулировании численности диких животных и разведении домашних, в выращивании сельскохозяйственных культур, оказывающих разное воздействие на свойства почв, в отчуждении с урожаем значительного количества элементов питания, в применении органических и минеральных удобрений, пестицидов и др.

Строительство водохранилищ, осушение болот приводит к изменению уровня грунтовых вод, оказывающих большое влияние на почвообразование.

Ежегодно промышленные предприятия выбрасывают в атмосферу около 1 млрд т соединений хлора, соляной кислоты, сероводорода и сернистого ангидрида, окислов азота, соединений аммония. При окислении они образуют различные кислоты (соляную, серную, азотную), которые приводят к подкислению атмосферных осадков (кислотные дожди) и вместе с ними — к подкислению и загрязнению почв.

В результате освоения почв под пашню изменяется процесс почвообразования и свойства почв. Масштабы изменений зависят от степени воздействия человека на почву. При экстенсивном использовании земель почвенные процессы, как правило, имеют ту же направленность, что и в естественных условиях. При проведении мелиоративных мероприятий (орошение, осушение, известкование и др.) почвенные процессы и свойства почв меняются коренным образом.

Разумная деятельность человека направлена на улучшение, окультуривание почв и повышение их плодородия. Особенно заметно улучшение тех почв, которые имеют низкое естественное плодородие. В зависимости от времени и приемов воздействия такие почвы выделяются в классификации на уровне разных таксономических рангов.

Оптимизация агрономических свойств почв, определяющих их плодородие — одна из основных задач существующих систем

земледелия. Системы земледелия включают следующие составные части, влияющие на агрономические свойства почв:

- организация территории и система севооборотов;
- система обработки почвы;
- система удобрений;
- система защиты растений (сорняки, болезни, вредители культур);
- система мелиоративных и противоэрозионных мероприятий.

Опыт хозяйственной деятельности человека показывает, что степень воздействия человека на почвы на больших площадях должна быть минимальной или хотя бы соизмеримой с предусмотренными неизбежными негативными экологическими последствиями. Даже разумные на данный момент научно-обоснованные мероприятия по использованию почв часто приводят к негативным последствиям. Это касается любого чрезмерного вмешательства в природу. Например, в таежно-лесной зоне России самыми плодородными и высококультурными являются огородные почвы приусадебных хозяйств. Они имеют высокое содержание гумуса, нейтральную реакцию среды, высокую обеспеченность элементами питания, то есть их агрономические свойства довольно резко отличаются от свойств естественных подзолистых почв этой зоны и удовлетворяют требованиям большинства культурных растений. Кажущаяся разумной задача повысить плодородие всех пахотных почв этой зоны до уровня огородных может привести к негативным и даже катастрофическим последствиям через какое-то время. В условиях промывного режима высокое содержание элементов питания в почвах скажется на их содержании в грунтовых водах, водоемах, может возникнуть проблема нитратов, возникнут нарушения в трофических цепях биоты и т.д.

Таких примеров можно привести много. Для того чтобы прогнозировать последствия хозяйственной деятельности, необходимо познание сложных природных взаимодействий, в центре которых находится почвенный покров.

8.1. Эрозия почв

Эрозия почв — процесс разрушения почвенного профиля под действием воды (водная эрозия) и ветра (ветровая эрозия, или дефляция).

Геологическая (нормальная) эрозия протекает в естественных условиях в результате процессов выветривания и денудации. При этом

почвенный профиль восстанавливается в ходе почвообразования.

Антропогенная эрозия связана с деятельностью человека. Ее называют также **ускоренной**, в связи с повышенной интенсивностью, приводящей к частичному нарушению или полному уничтожению почвенного профиля.

Водная эрозия подразделяется на поверхностную и линейную, или овражную.

Поверхностная эрозия — смыв верхнего горизонта почв под действием стекающих по склону дождевых и талых вод. Она сочетает разрушающее действие дождевых капель и поверхностного стока дождевых и талых вод. Дождевые капли обладают более высокой кинетической энергией, чем поверхностный сток дождевых и талых вод. Смыв почвы при плоскостной эрозии преимущественно осуществляется небольшими струйчатыми потоками. Следы эрозии на поле исчезают после обычной обработки. Поверхностная эрозия приводит к постепенному ухудшению свойств почв из-за смыва верхних, наиболее плодородных горизонтов.

Линейная, или овражная эрозия — размыв почвы в глубину и ширину более мощными струйными потоками, приводящими к образованию струйчатых размывов. Линейная эрозия приводит к полному уничтожению почвенного профиля.

По отношению к материнской форме рельефа, например к балке, размывы бывают: донными, идущими по дну (талъвегу) балки; вершинными, выходящими на водораздел по продолжению талъвега; склоновыми (размыв склонов балки под углом к талъвегу).

В зависимости от стадии развития среди склоновых и вершинных размывов выделяют водороины, промоины и овраги.

Водороины — размывы глубиной 0,2-0,6 м. Обычно они формируются по бороздам при обработках почв вдоль склона. Водороины можно выравнивать вспашкой.

Промоины — размывы глубиной 0,5-0,3 м, шириной 0,5-8 м. Они захватывают не только почву, но и почвообразующую породу и непроходимы для обычной техники. Для засыпки промоины необходимо привозить грунт.

Овраг — размыв, выработавший свой собственный (вогнутый или ступенчатый) продольный профиль, не совпадающий с профилем склона. Глубина оврагов на Русской равнине может достигать 30 м, а ширина — 50 м. Преобладающая часть оврагов относится к коротким — до 0,5 км, меньше средних — 0,5-2 км и еще меньше длинных оврагов — 2-5 км (рис. 8.1).

Среди донных размывов различают вымоины (начальная стадия размыва), донные промоины и донные овраги.



Рис. 8.1. Овражно-балочная сеть (фото А.Д.Кашанского)

В процессе развития оврагов выделяют три стадии: врезания, выработки продольного профиля равновесия и затухания.

Ирригационная эрозия — смыв почвы на склонах при орошении. Ее интенсивность зависит от способа орошения. Бороздковый полив применяют при орошении кукурузы, томатов, сахарной свеклы, хлопчатника. Ширина междурядий на посевах этих культур составляет 0,6-0,9 м, а ширина водного потока в поливной борозде — до 0,2 м. Потери почвы за один полив могут достигать 100 т/га (Кузнецов М.С., Глазунов Г.П., 1996) из-за повышенной скорости водного потока. Полив по полосам применяют при орошении трав и зерновых культур. Ширина полос водного потока измеряется единицами метров, поэтому скорость течения воды значительно меньше, чем в бороздах, и эрозия проявляется слабее. При поливе по чекам (орошение риса) ирригационная эрозия еще слабее или практически не выражена из-за отсутствия уклонов чеков. Дождевание используют при поливе всех сельскохозяйственных культур. Поверхностный сток и эрозия почв при дождевании возникают в том случае, когда его интенсивность превышает интенсивность впитывания воды почвой.

Интенсивность ускоренной водной эрозии оценивается по количеству смываемого мелкозема и приросту оврагов. Градации интенсивности эрозии по М.Н.Заславскому:

Для поверхностной эрозии

Смыв почвы	Среднегодовой смыв, т/га в год
Незначительный смыв	0,5
Слабый	0,5-1,0
Средний	1,0-5
Сильный	5-10
Очень сильный	более 10

Для линейной эрозии

Интенсивность	Среднегодовой прирост оврагов, м
Слабая	Менее 0,5
Средняя	0,5-1,0
Сильная	1,0-2,0
Очень сильная	2-5
Чрезвычайно сильная	более 5

Водная эрозия имеет широкое распространение. Она проявляется практически во всех областях, где имеются уклоны более $1,5^\circ$, за исключением полупустынной и пустынной зон с небольшим количеством осадков и малоснежными зимами. Почвы, подверженные поверхностной эрозии, называются смытыми, или эродированными. Они подразделяются по степени эродированности в зависимости от мощности смытого слоя на слабо-, средне- и сильноэродированные, или смытые. В нижних частях склонов выделяют намывные почвы.

Плодородие почв снижается по мере увеличения степени смыва. Подсчитано, что на слабосмытых почвах недобор урожая в среднем составляет 10-20%, на среднесмытых — 40-60, а на сильносмытых — 80% и более. Это связано с потерей гумуса и элементов питания, снижением биологической активности, ухудшением структуры и других свойств почв.

Почва, смываемая с полей, откладывается в прудах, озерах, водохранилищах, попадает в каналы и реки. Заиливание водоемов и повышение мутности воды в реках резко ухудшает экологическую ситуацию, работу систем водоснабжения и водного транспорта. При стоке воды и смыве почвы с пашни отчуждаются от 10 до 30% вносимых удобрений и пестицидов, которые еще в большей степени ухудшают экологическое состояние и качество воды в реках и водоемах. При смыве и дефляции почв происходит перераспределение радионуклидов тяжелых металлов, и образуются новые загрязненные очаги их распространения.

Овражная эрозия приводит к нарушению дорожной сети, изменяет размеры полей, сокращает площади сельскохозяйственных угодий. Только в черноземной зоне России ежегодно овраги "съедают" до 70-80 га земли (Кузнецов М.С., 1996).

Факторы водной эрозии почв. Главной причиной ускоренной водной эрозии является нерациональная хозяйственная деятельность человека. К природным факторам водной эрозии относятся: климат, рельеф, свойства почв и почвообразующих пород, растительный покров.

Климатические факторы. К ведущим климатическим факторам эрозии относятся количество осадков, их интенсивность и продолжительность, параметры стока талых вод.

Большое значение имеет кинетическая энергия дождя, которая зависит от размеров капель и скорости их падения. Капли дождя отрывают и поднимают в воздух десятки тонн почвы на одном гектаре и нагружают поверхностный сток частицами почвы. Наиболее опасны ливневые осадки с крупным размером капель и высокой интенсивностью.

Опасность дождевой эрозии в России нарастает с востока на запад и с севера на юг.

Эрозия при снеготаянии в значительной степени определяется запасами воды в снеге. Они увеличиваются с продвижением на север и на восток. Запасы воды в снеге Московской области — примерно 100 мм, на Северном Урале — 150-160, на Кубани — только 10-15 мм. Интенсивность эрозии при снеготаянии нарастает с юга на север и с запада на восток (Ларионов Г.А., 1993).

Рельеф определяет интенсивность поверхностного стока. Сток формируется в пределах *водосбора*, под которым понимается территория, ограниченная водораздельной линией. Элементами водосбора являются водоразделы, склоны и гидрографическая сеть. Водораздельные пространства примыкают к водораздельным линиям. *Гидрографическая сеть* — это сеть понижений, по которым осуществляется поверхностный сток. На топографической карте эта сеть имеет вид ветвящегося дерева. Верхняя часть этой сети, лишенная постоянных водостоков, называется *суходольной*. К элементам *суходольной* сети относят ложбины, лощины и балки (А.С.Козменко, 1954; Д.Л.Арманд, 1965). *Ложбина* — верхнее звено гидрографической сети, примыкающее к наиболее высоким частям водосборов, глубиной 0,5-2 м, со склонами не круче 3-8°. Ложбина постепенно переходит в *лощину* глубиной 2-5 м и крутизной 8-15°. Лощина переходит в балку глубиной 6-20 м, шириной 50-200 м и крутизной берегов от 10-15° до 35°. Балки впадают в речные долины. Площадь водосбора балок — от 250 га до нескольких тысяч гектаров.

Долина реки отличается от балки наличием постоянного водотока и связанных с ним форм рельефа (террас, пойм и др.).

Склоны занимают преобладающую часть водосборов и играют определяющую роль в развитии поверхностной эрозии. Интенсивность эрозии нарастает с увеличением крутизны и длины склонов. Обычно слабосмытые почвы формируются на склонах крутизной от 1-1,5° до 2-3°; среднесмытые — 3-5°; сильносмытые — более 5°. Эрозия сильнее проявляется на выпуклых склонах, по сравнению с прямыми и вогнутыми.

Экспозиция склона влияет на увлажненность, накопление снега и интенсивность снеготаяния, а через эти факторы — на интенсивность смыва. Как правило, на склонах южной и западной экспозиции интенсивность смыва выше, чем на северных и восточных склонах.

Форма водосбора влияет на концентрацию склонового стока, а значит на величину эрозии. Собирающие водосборы наиболее опасны по сравнению с нейтральными и рассеивающими.

Интенсивность овражной эрозии нарастает с увеличением глубины местных базисов эрозии — горизонтальных поверхностей, на уровне которых эрозия прекращается. Для оврага, например, базисом эрозии может быть дно балки или поймы реки.

Свойства почв и почвообразующих пород влияют на формирование стока, поскольку от них зависит водопроницаемость и впитывание дождевой и талой воды. Поверхностный сток проявляется только в том случае, если интенсивность дождя превышает интенсивность впитывания и фильтрации. Водопроницаемость почв зависит от структурного состояния, гранулометрического состава и влажности. Песчаные почвы, почвы с хорошей водопроходной структурой и сухие лучше впитывают влагу, чем глинистые, бесструктурные и влажные. В условиях сформировавшегося поверхностного стока степень проявления эрозии зависит от способности почв противостоять смыву.

Противоэрозионная стойкость почв и почвообразующих пород характеризуется способностью почв противостоять разрушающему действию дождевых капель и поверхностного стока. Она зависит от степени водопроходности структурных агрегатов почвы, количества водопроходных агрегатов, сцепления агрегатов друг с другом. Водопроходность агрегатов определяется составом коллоидов и физико-химическими свойствами почв, в том числе содержанием гумуса, обменных форм кальция, реакцией среды и др.

Растительный покров выполняет почвозащитную роль:

- растения принимают на себя удары дождевых капель;
- корни растений скрепляют почвенные частицы, что противодействует смыву и размыву;

- растительность замедляет поверхностный сток и усиливает впитывание воды, задерживает смываемые частицы почвы;
- способствует накоплению снега, ослабляет промерзание почвы, что приводит к лучшему впитыванию влаги весной.

Эффективность растений, в первую очередь, зависит от степени проективного покрытия и мочковатости корневых систем. В соответствии с этим пропашные культуры почти не снижают проявление эрозии. Зернобобовые снижают ее, примерно, в 1,2 раза; зерновые — в 1,3; бобовые — в 1,7; злаково-бобовая смесь — в 2,2; луговые травы — в 3 раза (Кузнецов М.С., 1981).

Оценка потенциальной опасности водной эрозии. Способы прогнозирования эрозии основаны на детальном изучении факторов ее проявления. Наиболее широкое распространение получило “универсальное уравнение потерь почвы”, разработанное в США:

$$Q = 0,224 R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P,$$

где Q — потеря почвы от эрозии, кг/м² за год; R — характеристика эродирующей способности дождя, учитывающая интенсивность, кинетическую энергию и др.; K — коэффициент эродируемости почвы (определяется потерями почвы на единицу эрозийности дождя при стандартных условиях), который учитывает водопроницаемость и противоэрозионную стойкость почв; L — коэффициент длины склона (отношение потерь почвы с данного поля к потерям с поля стандартной длины); S — коэффициент крутизны склона (отношение потерь почвы с данного поля к потерям со склона стандартной крутизны); C — коэффициент возделывания культур (отношение потерь почвы с данного поля к потерям почвы с поля, занятого черным паром); P — коэффициент эффективности противоэрозионных мероприятий (отношение данных потерь почвы к потерям почвы с поля, на котором не проводились работы по охране почв, например, вспашка вдоль самого крутого склона).

Подобные модели, но в значительно меньшей степени обеспеченные экспериментальными данными, разработаны в России (М.С.Кузнецов, Г.П.Глазунов, 1996). Они используются для целей прогноза эрозии и выбора наиболее эффективных противоэрозионных мероприятий.

8.2. Дефляция почв

Дефляция почв проявляется во всех зонах, но в большей степени она характерна для аридных территорий со среднегодовым количеством осадков менее 300 мм, к которым относятся южные регионы России. Проявляется дефляция в виде пыльных бурь и местной (повседневной) ветровой эрозии.

Пыльные бури происходят при больших скоростях ветра более 15-20 м/сек, при этом мелкие почвенные частицы размером менее 0,1 мм поднимаются на большую высоту (сотни метров), дальность переноса может достигать сотен км.

Повседневная эрозия проявляется при более низких скоростях ветра и ограничивается переносом частиц в пределах одного поля или нескольких соседних полей. При этом частицы размером 0,1-0,5 мм передвигаются скачкообразно, поднимаясь в воздух и опускаясь на поверхность почвы. Более крупные частицы размером 0,5-3 мм передвигаются скольжением по поверхности почвы. И в том, и в другом случае передвигающиеся частицы разрушают поверхность почвы и способствуют вовлечению новых порций в движение. Поэтому в процессе воздействия ветра его разрушительная сила возрастает. Прогрессирующее ускорение ветровой эрозии происходит во времени и в пространстве.

Ущерб, причиняемый ветровой эрозией, весьма многообразен. Пыльные бури приводят к уничтожению посевов, засыпают каналы, дороги, лесополосы, нарушают работу наземного транспорта и авиации, переносят водорастворимые соли и токсиканты, вызывают опасность для здоровья людей и животных.

Повседневная ветровая эрозия приводит к выдуванию наиболее плодородного пахотного слоя почв, механически повреждает посевы сельскохозяйственных культур.

Классификация дефлированных почв строится на тех же принципах, что и смытых. Они разделяются по степени дефлированности, исходя из мощности сдутой почвы и степени погребенности, мощности наноса.

Факторы дефляции. Главной причиной ветровой эрозии, так же как и водной, является нерациональная хозяйственная деятельность человека. К природным факторам относятся климат, рельеф, свойства почв, растительный покров.

Климатические факторы. К ведущим климатическим факторам относятся режим ветров, атмосферных осадков и температуры. Наиболее сильнодействующий фактор — скорость ветра, которая определяет его кинетическую энергию. Сила ветра оценивается по 17-

балльной шкале Бофорта, которая включает скорости ветров от 0 до 70 м/сек. Ветровая местная эрозия начинает проявляться при слабом бризе (4-6 м/сек), а пыльные бури — при сильном ветре (16-20 м/сек), сильных бурях, штормах и ураганах (24-42 м/сек и более), при которых деревья вырываются с корнем, срываются крыши домов, повреждаются линии электропередач и др.

Атмосферные осадки увлажняют почву и увеличивают противодефляционную стойкость. Влажность и температура также оказывают влияние на проявление ветровой эрозии через биологические факторы и, прежде всего, растительный покров.

Рельеф является не только перераспределителем тепла и влаги, но и существенно влияет на ветровой режим. Почвы наветренных склонов и выступающих элементов рельефа сильнее выдуваются, чем почвы подветренных или пологих склонов.

Противодефляционная стойкость почв зависит от гранулометрического состава, структурного состояния, механической прочности агрегатов, уровня влажности. Она оценивается величиной присущей этой почве критической скорости ветра, при которой начинается ветровая эрозия. Наиболее подвержены эрозии песчаные, супесчаные почвы и осушенные торфяники. Критическая скорость ветра для них наиболее низкая и составляет примерно 5 м/сек.

Противоэрозионная стойкость почв считается достаточной, если скорость начала массового движения частиц почвы превышает характерную для данной территории максимальную скорость ветра 20%-й обеспеченности.

Растительность выполняет противодефляционные почвозащитные функции. Она снижает скорость воздушного потока в приземном слое, принимает на себя удары почвенных частиц и снижает их почворазрушающее действие, снижает высыхание поверхности почвы, скрепляет почвенные частицы корнями, способствует накоплению снега и увлажнению почвы за счет снеготаяния. Естественная растительность со сплошным покровом полностью защищает почву от ветровой эрозии. Наиболее устойчивы к ветровой эрозии почвы под многолетними травами. Высокой почвозащитной эффективностью характеризуются зерновые культуры, кукуруза, подсолнечник. Значительно ниже почвозащитные свойства у низкорослых пропашных культур: свеклы, лука, капусты и др.

Прогнозирование ветровой эрозии осуществляется на основе изучения ее факторов. В США для целей прогноза разработано "уравнение ветровой эрозии":

$$Q = f(E \cdot I \cdot K \cdot C \cdot L \cdot V),$$

где Q — возможные потери почвы от ветровой эрозии за год с единицы поверхности; E — дефлируемость почв, зависящая от ее комковатости, гранулометрического состава, наличия почвенной корки и др.; I — коэффициент крутизны склона; K — коэффициент бороздковой шероховатости; C — климатический индекс ветровой эрозии почв, зависящий от скорости ветра и влажности почв; L — длина незащищенной части поля в направлении ветра; V — почвозащитный эквивалент растительного покрова и растительных остатков.

Для предупреждения водной эрозии и дефляции почв применяются агротехнические, агролесомелиоративные и гидротехнические мероприятия, направленные на снижение кинетической энергии поверхностного стока и ветра.

8.3. Загрязнение почв химическими веществами

Различают техногенное загрязнение почв, связанное с деятельностью промышленных предприятий, транспорта, и агрогенное — результат сельскохозяйственного использования земель (внесение удобрений, пестицидов, химических мелиорантов и др.).

Техногенные выбросы возникают в результате сжигания различных видов топлива или от газообразных и аэрозольных отходов промышленных предприятий черной и цветной металлургии, химических комбинатов, автотранспорта.

Значительным источником техногенного загрязнения является перевозка топлива, добыча и транспорт нефти, газов, сточные воды промышленных предприятий, свалки промышленных и бытовых отходов. В число загрязнителей почв и ландшафтов входят тяжелые металлы, радионуклиды, пестициды, жидкие углеводороды, синтетические органические вещества, ряд производных соединений углерода, серы, азота, фтора и др.

Согласно действующему ГОСТу, химические вещества-загрязнители подразделяются на три класса по степени опасности (табл. 8.1).

Для определения класса опасности (табл. 8.2) используют показатель токсичности $ЛД_{50}$ — летальная доза химического вещества, мг/кг живой массы, вызывающая при внесении в организм гибель 50% животных; персистентность в почве и в растениях — продолжительность сохранения биологической активности загряз-

8.1. Классы загрязняющих веществ по степени их опасности (ГОСТ 17.4.1.02-83)

Класс	Химические вещества
I. Высокоопасные	Мышьяк, кадмий, ртуть, селен, свинец, фтор, бензопирен
II. Умеренно опасные	Бор, кобальт, никель, молибден, хром, медь, сурьма
III. Малоопасные	Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетофенол

няющего вещества, характеризующая степень его устойчивости к процессу разложения; ПДК (предельно допустимые концентрации загрязняющего вещества) — максимальные массовые доли химического вещества, не вызывающие прямого или косвенного влияния, включая отдаленные последствия, на окружающую среду и здоровье человека.

Для определения ПДК загрязнителей используется ряд подходов, направленных на сохранение в почве нативных свойств и процессов, обеспечение получения гигиенически пригодной и экономически оправданной растительной продукции, пресечения повышенного, опасного для здоровья человека и животных развития патогенной микрофлоры. В разработке ПДК принимают участие почвоведы, микробиологи, медики и др. специалисты. Для оценки загрязнения почв тяжелыми металлами сравнивают их содержание с фоновыми показателями. При этом оценивается как валовое содержание загрязнителя в почве, так и его концентрации, доступные для растений (подвижные формы) (табл. 8.3).

Агрогенное загрязнение вызывается вредными для растений и животных веществами, поступающими в почвы при их сельскохозяйственном использовании. Источниками загрязнения при этом

8.2. Показатели для определения класса опасности химического загрязнения (ГОСТ 17.4.1.02-83)

Показатели	Нормы классов опасности		
	I	II	III
Токсичность, ЛД ₅₀	<200	200-1000	>1000
Персистентность в почве, мес.	>12	6-12	<6
ПДК в почве, мг/кг	<0,2	0,2-0,5	>0,5
Миграция	мигрируют	слабо мигрируют	не мигрируют
Персистентность в растениях, мес.	>3	1-3	<1
Влияние на пищевую ценность с.-х. продукции	сильное	умеренное	нет

являются минеральные удобрения и химические мелиоранты, пестициды, сточные воды, используемые при орошении, осадки сточных вод и др. (табл. 8.4).

8.3. Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов в почве, утвержденные Минздравом СССР, №6229-91 и Ориентировочно допустимые концентрации их в почвах с различными физико-химическими свойствами, утвержденные Госкомсанэпидемнадзором России, ГН 2.1.7.020-94

Элемент, почва, вытяжка	Величина ПДК (мг/кг) почвы с учетом фона (кларк)	Лимитирующий показатель вредности
Предельно-допустимые концентрации (ПДК) Валовое содержание		
Ванадий	150,0	Общесанитарный
Ванадий+марганец	100,0+1000,0	Общесанитарный
Мышьяк	2,0	Транслокационный
Ртуть	2,1	Транслокационный
Свинец	32,0	Общесанитарный
Свинец+ртуть	120,0+1,0	Транслокационный
Сурьма	4,5	Воздушномиграционный
Подвижная форма		
Кобальт ¹	5,0	Общесанитарный
Марганец, извлечен 0,1 н H ₂ SO ₄		
Черноземы	700	Общесанитарный
Дерново-подзолистые почвы:		
pH 4,0	300,0	Общесанитарный
pH 5,1-6,0	400,0	Общесанитарный
pH > 6,0	500,0	Общесанитарный
Извлечен ацетатно-аммонийным буфером с pH 4,8		
Черноземы	140,0	Общесанитарный
Дерново-подзолистые почвы:		
pH 4,0	60,0	Общесанитарный
pH 5,1-6,0	80,0	Общесанитарный
pH > 6,0	100,0	Общесанитарный
Медь ²	3,0	Общесанитарный
Никель ²	4,0	Общесанитарный
Свинец ²	6,0	Общесанитарный
Цинк ²	23,0	Транслокационный
Фтор ²	2,0	Транслокационный
Хром ²	6,0	Общесанитарный
Водорастворимая форма		
Фтор ³	10,0	Транслокационный

Элемент, почва, вытяжка	Величина ПДК (мг/кг) почвы с учетом фона (кларк)	Лимитирующий показатель вредности
Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) Валовое содержание, мг/кг		
Никель:		
Песчаные и супесчаные	20,0	Общесанитарный
Кислые суглинистые и глинистые с рН < 5,5	40,0	Общесанитарный
Кислые суглинистые и глинистые с рН > 5,5	80,0	Общесанитарный
Медь:		
Песчаные и супесчаные	33,0	Общесанитарный
Кислые суглинистые и глинистые с рН < 5,5	66,0	Общесанитарный
Кислые суглинистые и глинистые с рН > 5,5	132,0	Общесанитарный
Цинк:		
Песчаные и супесчаные	55,0	Транслокационный
Кислые суглинистые и глинистые с рН < 5,5	110,0	Транслокационный
Кислые суглинистые и глинистые с рН > 5,5	220,0	Транслокационный
Мышьяк:		
Песчаные и супесчаные	2,0	Транслокационный
Кислые суглинистые и глинистые с рН < 5,5	5,0	Транслокационный
Кислые суглинистые и глинистые с рН > 5,5	10,0	Транслокационный
Кадмий:		
Песчаные и супесчаные	0,5	Транслокационный
Кислые суглинистые и глинистые с рН < 5,5	1,0	Транслокационный
Кислые суглинистые и глинистые с рН > 5,5	2,0	Транслокационный
Свинец:		
Песчаные и супесчаные	32,0	Общесанитарный
Кислые суглинистые и глинистые с рН < 5,5	65,0	Общесанитарный
Кислые суглинистые и глинистые с рН > 5,5	130,5	Общесанитарный

1. Подвижная форма кобальта извлекается из почвы ацетатно-натриевым буферным раствором с рН 3,5 для сероземов и ацетатно-аммонийным буферным раствором с рН 4,8 для остальных типов почв.
2. Подвижная форма элемента извлекается из почвы ацетатно-аммонийным буферным раствором с рН 4,8
3. Подвижная форма извлекается из почвы с рН < 6,5 0,006 м НСl, с рН > 6,5 — 0,03 м K₂SO₄.

8.4. Сельскохозяйственные источники загрязнения почв тяжелыми металлами, мг/кг сухой массы (по данным ЦИНАО, 1992)

Элемент	Орошение сточными водами	Фосфатные удобрения	Известковые материалы	Азотные удобрения	Органические удобрения	Пестициды
As	2-26	2-1200	0,1-24	2,2-120	3-25	22-60
Cd	1-1500	0,1-170	0,04-0,1	0,05-8,5	0,3-0,8	—
Co	2-260	1-12	0,4-3,0	5,4-12	0,3-24	—
Cr	20-40000	66-245	10-15	3,2-19	5,2-55	—
Cu	50-3300	1-300	2-125	1-15	2-60	12-50
F	2-740	8500-38000	300	—	7	18-45
Hg	0,1-55	0,01-1,2	0,05	0,3-2,9	0,09-0,2	0,8-42
Mn	60-3900	40-2000	40-1200	—	30-550	—
Mo	1-40	0,1-60	0,1-15	1-7	0,05-3	—
Ni	16-5300	7-38	10-20	7-34	7,8-30	—
Pb	50-3000	7-225	20-1250	2-27	6,6-15	60
Se	2-9	0,5-25	0,08-0,1	—	2,4	—
Sn	40-700	3-19	0,5-4,0	1,4-16,0	3,8	—
Zn	700-49000	50-1450	10-450	1-42	15-250	1,3-25

Загрязнение радионуклидами связано с атомными взрывами, авариями на атомных станциях, отходами атомной промышленности и др. Особенностью радиоактивных загрязнителей является то, что они не изменяют уровень плодородия почв, но накапливаются в урожае, в организме животных и человека.

Радионуклиды сохраняются в почвах длительное время и представляют большую экологическую опасность.

Различают *естественную* радиоактивность почв, вызванную содержанием в почвах и породах изотопов урана, радия, тория, калия-40, рубидия-87, углерода-14 и трития — сверхтяжелого изотопа водорода. Концентрации естественных радионуклидов невысокие, и они не представляют угрозы для окружающей среды и человека.

Наиболее опасны долгоживущие антропогенные радионуклиды, которые характеризуются продолжительным временем их пребывания в почвах. К ним относятся: стронций-90 (^{90}Sr), цезий-137 (^{137}Cs), иод-129 (^{129}I), рубидий-106 (^{106}Ru), плутоний-239 (^{239}Pu), уран-238 (^{238}U), церий-144 (^{144}Ce), торий-232 (^{232}Th), радий-226 (^{226}Ra). У стронция-90 период полураспада 28 лет, у цезия-137 — 33 года, у некоторых долгоживущих радионуклидов сотни и тысячи лет, а у урана-238 — $4,5 \cdot 10^9$ лет.

По степени подвижности в почвах антропогенные радионуклиды образуют следующий ряд: стронций > рубидий > цезий > церий > йод > плутоний.

Цезий и стронций наиболее активно вовлекаются в биологи-

ческий круговорот веществ благодаря тому, что цезий является аналогом калия, а стронций — кальция.

Скорость самоочищения почв от радионуклидов зависит от скорости их радиоактивного распада и миграционной способности. В тяжелых (глинистых и тяжелосуглинистых) почвах радионуклиды в течение длительного времени находятся в верхнем 10-см слое целинных почв или в пахотном слое освоенных почв. В песчаных почвах они в течение первых десятилетий просачиваются в более глубокие слои и могут проникать в грунтовые воды. Миграция радионуклидов осуществляется с поверхностным стоком и ветровыми потоками, что приводит к расширению ареалов загрязнения.

Мероприятия по предотвращению и снижению токсикологического действия радионуклидов и тяжелых металлов направлены на снижение их подвижности в почвах и поступления в растения. К ним относятся известкование кислых почв, внесение органических и минеральных удобрений, внесение мелиорантов — высокоемкостных минералов (искусственных и природных цеолитов), захоронение загрязненного слоя на глубину 40-50 см и др.

Глава 9. Процессы почвообразования

В основе почвообразовательного процесса лежит совокупность процессов взаимодействия почвенных фаз (твердой, жидкой, газовой и живой), а также обмен веществ и энергией между почвой, с одной стороны, и другими природными телами (растительность, атмосфера, грунтовые воды, почвообразующие породы) — с другой. Другими словами — это сложный процесс взаимодействия малого биологического и большого геологического круговоротов веществ. По определению А.А.Роде, *почвообразовательный процесс — это совокупность явлений превращения и передвижения веществ и энергии, протекающих в почвенной толще.*

Совокупность процессов, лежащих в основе почвообразования, можно разделить на три группы (за основу взято деление А.А.Роде).

1. Процессы обмена веществами и энергией между почвой и другими природными телами (поступление в почву и вынос из нее):

- обмен газами в системе атмосфера — почва-растение — грунтовые воды — почвообразующие породы;

- обмен влагой в той же системе;
- обмен радиацией в системе солнце — почва — атмосфера — космическое пространство;
- обмен тепловой энергией в системе атмосфера — почва — породы;
- обмен зольными веществами и азотом в системе почва — растения — грунтовые воды — породы с участием атмосферы;
- одностороннее поступление в почву органического вещества, синтезируемого высшими растениями, и частичный вынос его в грунтовые воды и с поверхностным стоком.

2. Процессы превращения веществ и энергии, происходящие в почвенной толще:

- разложение органических веществ растительного и животного происхождения и их синтез почвенной биотой;
- синтез и разложение органо-минеральных соединений;
- распад первичных и вторичных минералов и синтез вторичных;
- замерзание, оттаивание, испарение, конденсация почвенной влаги;
- процессы трансформации состава почвенного воздуха и реакции с участием кислорода, углекислого газа, азота и др.

3. Процессы передвижения и аккумуляции веществ и энергии в почвенной толще:

- передвижение влаги внутри почвы (нисходящее, восходящее, боковое);
- передвижение и аккумуляция органо-минеральных веществ и простых солей;
- передвижение воздуха, почвенных газов и водяного пара;
- передвижение почвенной массы (деятельность почвенных животных, эрозионные процессы, криотурбационные и др.).

Характерная черта перечисленных процессов — цикличность суточная, годовая, многолетняя и вековая. Наиболее выражен годичный цикл. В связи с цикличностью возникает тенденция обратимости и противоположной направленности почвенных процессов: синтез — разрушение, поступление — вынос, вынос — накопление и др. Эти процессы были названы А.А.Роде общими микропроцессами, присущими для всех почв. Определенная совокупность микропроцессов образует частные почвообразовательные процессы, по А.А.Роде, или элементарные почвенные процессы (ЭПП), по И.П. Герасимову и М.А. Глазовской. Элементар-

виально-карбонатный — процессы, получившие названия от вида аккумуляруемого продукта.

VI. Педотурбационные ЭПП. Группа процессов механического перемешивания почвенной массы под влиянием разнообразных факторов и сил:

- *самомульчирование* — процесс образования на поверхности слитых почв маломощного оструктуренного горизонта при высыхании;
- *криотурбация* — процесс морозного механического перемешивания;
- *пучение* — излияние на поверхность тиксотропной почвенной массы в условиях криогенеза;
- *биотурбация* — перемешивание почвы животными-землероями;
- *ветровая педотурбация* — перемешивание почвы при ветровалах лесов.

VII. Деструктивные ЭПП. Группа процессов, ведущая к разрушению почвы:

- *эрозия* — процесс поверхностного смыва или размыва почвы под действием поверхностного стока атмосферных осадков;
- *дефляция* (ветровая эрозия) — процесс механического разрушения или перемещения почвы под действием ветра;
- *погребение* — засыпание почвы материалом, принесенным со стороны (селевые потоки, оползни и др.).

В отдельную группу — **VIII** — необходимо выделить *агрогенные и техногенные ЭПП*, формирующие отдельные горизонты или почвенные профили:

- *освоение* — распашка целинных почв;
- *агрогенное гумусонакопление* — увеличение содержания гумуса за счет агрономических мероприятий (внесение органических удобрений, посев многолетних трав и др.);
- *мульчирование* — покрытие поверхности почвы мульчирующими материалами, как правило, органическими (торф, опилки и др.) с целью регулирования водного и теплового режима;
- *окультуривание* — процесс улучшения агрономических свойств почв путем проведения целенаправленных агрономических мероприятий (внесение органических и минеральных удобрений, обработки, мелиорации и др.);
- *агротурбация* — механическое перемешивание почвы при обработках (вспашка, боронование, культивация и др.);

IX. Мелиоративные ЭПП — процессы, связанные с коренным мелиоративным улучшением почв (орошение, осушение, химические мелиорации, фитомелиорации, внесение мелиоративных доз органических удобрений и др.):

- *пескование* — внесение больших норм песчаного материала в пахотный слой глинистых почв;
- *агрогенное оструктуривание* — формирование структурных агрегатов почвы под действием агрохимических и агротехнических мероприятий;
- *рекультивация* — комплекс горно-технических, мелиоративных, сельскохозяйственных, лесохозяйственных, инженерно-строительных работ, направленных на восстановление нарушенных техногенными процессами почв.

X. Деструктивные агрогенные и техногенные ЭПП — процессы, ведущие к разрушению почв или ухудшению их агрономических свойств под воздействием агрогенных и техногенных процессов:

- *ускоренная эрозия* — процесс поверхностного смыва или размыва почв сельскохозяйственных угодий под действием поверхностного стока атмосферных осадков;
- *ирригационная эрозия* — процесс смыва и размыва почв при орошении;
- *дефляция (ветровая эрозия)* — процесс механического разрушения почвы сельскохозяйственных угодий под действием ветра;
- *стаскивание* — механическое перемещение почвы вниз по склону при различных видах обработки сельскохозяйственными орудиями;
- *вторичное засоление* — засоление почв, связанное с поднятием уровня грунтовых вод при орошении;
- *вторичное оглеение* — в связи с поднятием уровня грунтовых вод затоплением почв;
- *дегумификация* — снижение содержания гумуса в результате процессов минерализации в почвах сельскохозяйственных угодий;
- *выпахивание* — снижение уровня плодородия пахотных почв, ухудшение их агрономических свойств (снижение содержания гумуса, обесструктуривание, переуплотнение) в результате использования их при низком уровне поступления в почву источников гумуса (органических удобрений и послеуборочных остатков);
- *обесструктуривание* — разрушение структурных агрегатов

- под воздействием обработок, при отсутствии мероприятий по восстановлению структуры почв;
- *переуплотнение* — уплотнение почвы выше оптимальных значений, в связи с обработками, особенно при использовании тяжелой техники;
 - *техногенное загрязнение* почв токсикантами, связанное с хозяйственной деятельностью промышленных предприятий, автомобильного транспорта, авиационной и космической техники. Эти ЭПП могут разделяться в зависимости от вида загрязнения (тяжелые металлы, нефтепродукты, радионуклиды и др.).
 - *агрогенное загрязнение* в результате сельскохозяйственного использования почв (пестициды, некачественные минеральные удобрения, химические мелиоранты и др.);
 - *почвоутомление* — процесс нарушения экологического равновесия в системе почва-растение, являющийся следствием одностороннего воздействия на почвенную среду культурных растений (односторонний вынос элементов питания, размножение вредителей, фитопатогенной микрофлоры, корневые выделения и др.).

В результате сочетания ряда ЭПП формируется профиль почв с набором генетических горизонтов, которые характеризуются определенными морфологическими признаками, составом и свойствами.

Часть II. СОСТАВ, СВОЙСТВА И РЕЖИМЫ ПОЧВ

Глава 10. Морфология почв

Каждая почва характеризуется определенными морфологическими (внешними) признаками, которые являются диагностическими. По этим признакам можно отличить одну почву от другой и получить некоторые сведения об их происхождении, составе, свойствах, уровне плодородия. К главным морфологическим признакам относятся: строение почвенного профиля, мощность почвы и ее отдельных горизонтов, гранулометрический состав, окраска, структура, сложение, новообразования и включения.

Строение почвенного профиля. Почвенный профиль состоит из определенного набора генетических горизонтов, образовавшихся под воздействием естественных или агрогенных элементарных почвенных процессов. Каждый генетический горизонт имеет буквенные обозначения (латинские). В.В. Докучаевым было выделено всего три генетических горизонта: А — поверхностный гумусово-аккумулятивный, В — переходный к материнской породе, С — материнская горная порода. По мере развития почвоведения и познания разнообразия почвенных процессов и почв число горизонтов значительно возросло. Ниже перечислим только наиболее часто встречаемые горизонты.

A_0 — органогенный горизонт, мощностью до 10-20 см, залегающий на поверхности почвенного профиля в виде лесной подстилки или степного войлока, состоит из растительных остатков разной степени разложения (опад древесной и травянистой растительности разных лет).

A_d — органо-минеральный горизонт, залегающий на поверхности почв под луговой травянистой растительностью, мощностью до 10 см; до 50% по объему состоит из корней травянистых растений (дернина).

А — гумусово-аккумулятивный горизонт, залегает под горизонтами A_0 или A_d , содержит до 15% гумуса и поэтому окрашен в серые и темно-серые тона, мощностью от 5 до 30 (50) см.

A_1 — гумусово-элювиальный горизонт. Наряду с накоплением гумуса из него выносятся органо-минеральные и минеральные соединения.

$A_{\text{пах}}$ — поверхностный (пахотный) горизонт во всех пахотных

почвах, мощностью 20-30 см. При глубокой плантажной вспашке (более 40 см) обозначается — $A_{пл}$ и называется плантажированный.

A_2 — элювиальный горизонт, залегающий под горизонтами A_0 , A_1 или $A_{пак}$, формируется в результате элювиальных ЭПП, мощностью от 1 — 2 до 30 и более см, окрашен в светлые тона (белесый, светло-серый и др.).

В — горизонт, залегающий под биогенно-аккумулятивными или элювиальными, сформировавшийся в результате иллювиально-аккумулятивных (вымывание), метаморфических (внутрипочвенное выветривание), реже гидрогенно-аккумулятивных ЭПП. В зависимости от характера ЭПП к основному индексу добавляется дополнительный, например — B_f — вымывание железа, B_h — гумусовых веществ, B_k — карбонатов, B_m — метаморфический и т.д. Мощность горизонтов **В** может быть более 50-60 см, они подразделяются на подгоризонты или переходные горизонты, несущие признаки ниже- или вышележащих горизонтов, например: A_2B — переходный между элювиальным и иллювиальным и несущий в себе признаки того и другого горизонта. Переходные горизонты могут выделяться между всеми основными горизонтами.

С — материнская почвообразующая порода, слабозатронутая процессами почвообразования.

Д — подстилающая порода, которая отличается от почвообразующей происхождением и свойствами и залегает в пределах 2-3 (5) м от поверхности.

В почвах болотистого типа выделяются слои торфа, отличающиеся по степени разложения, зольности и другим свойствам. Они обозначаются как T_1 , T_2 и T_3 .

В гидроморфных почвах под воздействием глеевого процесса образуется глеевый горизонт, который обозначается индексом **Г**. Если признаки глеевого процесса проявляются в других горизонтах, то добавляется к основному индексу дополнительный **g**.

Границы между горизонтами различают ровными, постепенными, ясными и резкими, извилистыми. ЭПП, формирующие профиль почв и соответствующие горизонты, могут иметь разную степень выраженности и дифференцированности.

Соответственно выделяют:

- недифференцированный или слабодифференцированный (примитивный) профиль со слабовыраженными горизонтами — А-В-С или А-С;
- аккумулятивный профиль, продукты почвообразования и гумусовые вещества накапливаются в профиле (черноземы, каштановые);

- элювиально-иллювиально-дифференцированный профиль с хорошо выраженными элювиальными горизонтами — A_2 и иллювиальными — В (подзолистые, серые лесные и др. почвы);
- антропогенно-дифференцированный профиль (искусственный), созданный человеком (рекультивация, плантажная вспашка и др.).

Мощность почвенного профиля у разных почв колеблется от 30-50 см в горных и тундровых почвах до 1,5-3 м в черноземах.

Окраска почв. Окраска почв очень разнообразна. По ней можно судить о химическом составе и плодородии почв. Издавна темно-окрашенные почвы, имеющие повышенное содержание гумуса, славились своим плодородием.

Важнейшими составными частями почвы, от которых зависит ее цвет, являются гумусовые вещества, соединения железа, соединения кремния и алюминия, карбонаты кальция.

Гумусовые вещества с повышенным содержанием гуминовых кислот обуславливают черную, темно-серую, темно-бурую окраску; фульватный гумус — светлую окраску (серую, бурую, желтоватую). Окисленные соединения железа дают красные, ржавые (охристые) и желтые тона; восстановленные формы железа — сизые и серые тона. Соединения кремния, алюминия, карбонаты кальция, гипс — белого цвета. Различные количественные сочетания этих и ряда других соединений обуславливают широкий спектр окраски почвы и ее отдельных горизонтов. Интенсивность цвета зависит от влажности. Влажная почва всегда темнее, чем сухая.

Окраска горизонтов часто бывает неоднородной, в виде пятен, полос, линз различного цвета, которые характеризуют неоднородность процессов и свойств разноокрашенных участков. Различают слабопятнистые, отчетливо пятнистые и сильнопятнистые горизонты почв. Существуют специальные шкалы для объективной оценки цвета почв.

Структура почвы. Структура почвы — это агрегаты разного размера и формы, на которые способна распасться почва в сухом состоянии (табл. 10.1, рис. 10.1).

Структурные агрегаты состоят из отдельных частиц (механических элементов), связанных веществами, обладающими клеящей способностью (новообразованные гумусовые вещества, соединения кальция, железа и др.). Эти вещества обуславливают механическую прочность и водостойчивость агрегатов. Наиболее ценными в агрономическом отношении являются агрегаты 0,25-10 мм. Чем больше водопрочных агрегатов такого размера содер-

10.1. Классификация структуры

Род	Вид	Размер
I тип. Кубовидная		
<i>Глыбистая</i> – неправильная форма и неровная поверхность	Крупноглыбистая	>10 см
	Мелкоглыбистая	10-1 см
<i>Комковатая</i> – неправильная округлая форма, неровные округлые и шероховатые поверхности разлома, грани не выражены	Крупнокомковатая	10-3 мм
	Комковатая	3-1 мм
	Мелкокомковатая	1-0,25 мм
	Пылеватая	< 0,25 мм
<i>Ореховатая</i> – более или менее правильная форма, грани хорошо выражены, поверхность ровная, ребра острые	Крупноореховатая	> 10 мм
	Ореховатая	10-7 мм
	Мелкоореховатая	7-5 мм
<i>Зернистая</i> – более или менее правильная форма, иногда округлая, с выраженными гранями, то шероховатыми, матовыми, то гладкими и блестящими	Крупнозернистая (гороховатая)	5-3 мм
	Зернистая (крупитчатая)	3-1 мм
	Мелкозернистая	1-0,5 мм
	(порошистая)	
II тип. Призмовидная		
<i>Столбовидная</i> – отдельности слабо оформлены, с неровными гранями и округленными ребрами	Крупностолбовидная	> 5 см
	Столбовидная	3-5 см
	Мелкостолбовидная	< 3 см
<i>Столбчатая</i> – правильной формы, с довольно хорошо выраженными вертикальными гранями и округлым верхним основанием («головкой») и плоским нижним	Крупностолбчатая	5-3 см
	Мелкостолбчатая	< 3 см
<i>Призматическая</i> – грани хорошо выражены, с ровной глянцевитой поверхностью, с острыми ребрами	Крупнопризматическая	5-3 см
	Призматическая	3-1 см
	Мелкопризматическая	1-0,5 см
	Тонкопризматическая	0,5 см
	Карандашная (при длине отдельностей 5 см)	< 1 см
III тип. Плитовидная		
<i>Плитчатая</i> (слоевая) – с более или менее развитыми горизонтальными плоскостями спайности	Сланцеватая	> 5 мм
	Плитчатая	5-3 мм
	Пластинчатая	3-1 мм
	Листоватая	< 1 мм
<i>Чешуйчатая</i> – со сравнительно небольшими горизонтальными плоскостями спайности и часто острыми гранями	Скорлуповатая	> 3 мм
	Грубочешуйчатая	3-1 мм
	Мелкочешуйчатая	< 1 мм

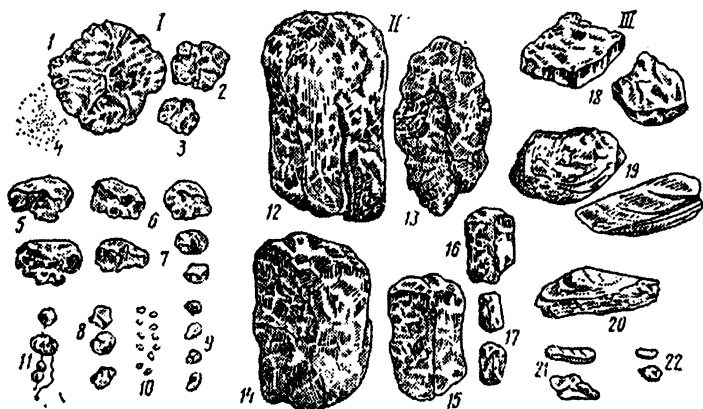


Рис. 10.1. Главнейшие виды почвенной структуры, по С.А.Захарову:

I тип: 1- крупнокомковатая; 2 — среднекомковатая; 3 — мелкокомковатая; 4 — пылеватая; 5 — крупноореховатая; 6 — ореховатая; 7 — мелкоореховатая; 8 — крупнозернистая; 9 — зернистая; 10 — порошистая; 11 — “бусы” из зерен почвы.

II тип: 12 — столбчатая; 13 — столбовидная; 14 — крупнопризматическая; 15 — призматическая; 16 — мелкопризматическая; 17 — тонкопризматическая;

III тип: 18 — сланцевая; 19 — пластинчатая; 20 — листовая; 21 — грубочешуйчатая; 22 — мелкочешуйчатая.

живет в почве, тем она плодороднее, поскольку такие агрегаты определяют наиболее оптимальные для растений водный и воздушный режимы. Структура почвы является диагностическим показателем почв и их отдельных горизонтов.

Так, для горизонта A_1 дерново-подзолистых почв характерна комковатая структура, для A_2 — пластинчатая или листовая, для — иллювиального горизонта В — ореховатая, для горизонта ВС — глыбистая. Гумусово-аккумулятивный горизонт черноземов и аллювиально-луговых почв имеет зернистую структуру, серых лесных — ореховатую, для горизонта В солонцов характерна столбчатая структура.

Как правило, любой горизонт почвы состоит из структурных отдельностей разного размера, а зачастую и разной формы. В таких случаях применяют двойное название, при этом название преобладающих агрегатов становится на последнее место, например: комковато-пылеватая, зернисто-комковатая. Некоторые горизонты, а иногда и весь профиль почвы бывают бесструктурными; типичный пример бесструктурных — песчаные и супесчаные почвы.

Как правило, бесструктурными или крупноглыбистыми являются почвообразующие породы.

Прочность структурных агрегатов. Прочность — это способность агрегата противостоять одноосному сжатию в условиях свободного бокового расширения. Это важный агрономический показатель, характеризующий устойчивость структурных агрегатов к разрушению при обработках. Существует следующая шкала прочности:

- непрочный — легко разрушается при сдавливании пальцами;
- прочноватый — с трудом разрушается при сдавливании пальцами, легко — при сдавливании руками (между ладонями);
- прочный — пальцами не разрушается, руками — с трудом;
- очень прочный — не удастся раздавить руками, может быть расколот молотком.

Гранулометрический состав. Гранулометрический состав почвы — это относительное содержание в ней не агрегированных частиц разной величины — камней, гравия, песка, пыли и ила. Точное определение гранулометрического состава проводится по данным лабораторного анализа (см. следующую главу). В полевых условиях гранулометрический состав мелкозема можно определить наощупь, органолептически. Этот способ основан на том, что разновидности почв по гранулометрическому составу обладают различной пластичностью, под которой понимается способность почвенной массы при механических воздействиях необратимо менять форму без образования микротрещин. 2-3 см³ почвы увлажняют с перемешиванием до тестообразного состояния и пытаются скатать шарик или шнур. При определении гранулометрического состава карбонатных почв вместо воды применяют 10% соляную кислоту с целью разрушения агрегатов. Из подготовленной почвы на ладони скатывают шарик и пробуют раскатать его в шнур. В зависимости от гранулометрического состава почвы эффективность скатывания будет различной.

Песок — непластичный, скатать шарик или шнур не удастся.

Супесь — очень слабопластичная, скатывается в непрочный шарик, в шнур не скатывается.

Легкий суглинок — слабопластичный, скатывается в отдельные короткие отрезки шнура.

Средний суглинок — среднепластичный, скатывается в шнур толщиной 2-3 мм, который ломается при дальнейшем раскатывании или лопается при сгибании в кольцо.

Тяжелый суглинок — очень пластичный, скатывается в тонкий (менее 2 мм) шнур, который образует кольцо с трещинами.

Глина — высокопластичная, скатывается в тонкий шнур, образует кольцо без трещин.

Песчаные и супесчаные почвы относятся к легким, легко- и среднесуглинистые — к средним, тяжелосуглинистые и глинистые — к тяжелым. Чем тяжелее почва, тем большей механической прочностью характеризуются ее агрегаты.

Сложение почвы. Сложение почвы выражает степень ее плотности или рыхлости, а также характер ее пористости. Различают сложение очень плотное, почва не поддается лопате, требуется кирка, лом; плотное — почва с трудом поддается лопате; рыхлое — лопата легко входит в почву, почва при выбрасывании рассыпается; рассыпчатое — почва обладает сыпучестью.

Пористость характеризуется формой и размерами пор. По форме различают округлые, трубковидные, щелевидные, клиновидные, камерные и неправильной формы. Размер пор колеблется от 1 мм до 3-5 см. Пористость важное агрономическое свойство, поскольку с ней связаны водный и воздушный режимы. Общая пористость, а также объем пор, занятый водой и воздухом, определяются аналитическим методом.

Твердость почвы. Твердость — способность почвы сопротивляться вдавливанию, проникновению ножа или другого предмета. Различают следующие виды твердости: очень мягкая — нож свободно проникает в почву на 10-12 см; мягкая — нож проникает с заметным усилием; твердая — проникает только на 3-5 см с большим усилием; очень твердая — проникает с трудом только кончик ножа; крайне твердая — нож не вводится в почву даже при большом усилии.

Твердость важное агрономическое свойство, характеризующее податливость почвы обработкам.

Липкость почвы. Липкость почвы — это ее способность прилипать к другим телам. Определяется при увлажнении до тестообразного состояния. Различают следующие виды липкости: не липкая — не пристает к пальцам; слаболипкая — к пальцам пристает, но легко счищается; липкая — счищается с трудом; очень липкая — с большим трудом.

Новообразования. Новообразованиями называются морфологически выраженные скопления различных веществ, которые образовались в результате почвообразовательного процесса. Они бывают химического и биологического происхождения. По форме химические новообразования существуют в виде выцветов и нале-

тов, корочек, потеков, прожилок и трубочек, прослоек, конкреций и стяжений. По составу различают скопления водорастворимых солей, гипса, углекислой извести, оксидов и гидроксидов железа, марганца, закисные соединения железа, скопления кремнезема в виде кремнеземистой присыпки и прожилок, скопления гумусовых веществ. Новообразования, которые проявляются в виде пленок на поверхности структурных отдельностей, педовключений, камней — называются кутанами.

Новообразования биологического происхождения выделяют в виде червоточин, капролитов (выделений дождевых червей), кротовин, дендритов (узоры мелких черешков растений на поверхности структурных отдельностей).

Включения. Включениями называют различные тела, обнаруживаемые в почвенном профиле, происхождение которых не связано с почвообразованием. Это камни, валуны, кости животных, антропогенные включения, корни растений.

Количество корней, глубина их распространения являются важными диагностическими показателями плодородия почв и их отдельных горизонтов.

Влажность почвы и ее отдельных горизонтов. Различают следующие градации влажности почв:

- сухая — сухая на вид и наощупь, не светлеет при высыхании и темнеет при добавлении воды;
- влажноватая — влажная на вид и наощупь, светлеет при высыхании, не темнеет при добавлении воды, при сжатии образца яркость поверхности не изменяется;
- влажная — влажная на вид и наощупь, светлеет при высыхании, не темнеет при добавлении воды, при сжатии образца на поверхности проступает тонкая водная пленка, но вода не вытекает;
- сырая — при сжатии образца с его поверхности капает вода;
- мокрая — из среза почвы самопроизвольно сочится вода.

Пользуясь этой шкалой, можно определить глубину промачивания почвы после дождей или поливов, а также определить наличие капиллярного поднятия воды при неглубоком залегании грунтовых вод. Наиболее оптимальной для культурных растений является влажноватая и влажная почвы.

Агроэкологическая оценка морфологических признаков почв. По морфологическим признакам и строению почвенного профиля непосредственно в полевых условиях визуально можно оценить уровень почвенного плодородия и наличие свойств, лимитирую-

ших урожай растений. Это прежде всего касается мощности почвенного профиля, пахотного слоя и гумусового горизонта, гранулометрического состава, уровня гумусированности, структурного состояния, водопроницаемости. К негативным факторам, лимитирующим урожай растений, легко определяемым в полевых условиях, относятся: степень каменистости, степень эродированности, степень оглеенности, недостаток или избыток влаги в определенных периоды роста и развития растений, наличие и глубина залегания в почве водорастворимых солей, гипса, карбонатов; наличие плотных горизонтов или прослоек, влияние на корневые системы грунтовых вод и др.

Имея определенные знания и навыки, непосредственно в поле можно наметить основные мероприятия по устранению негативных факторов, снижающих урожай растений.

Микросложение почв. Под микросложением понимается сложение почвенных агрегатов, которое наблюдается в тонких шлифах ненарушенного сложения с помощью микроскопа.

Выделяют следующие главные компоненты строения микросложения почв (Е.А.Ярилова, Е.И.Парфенова, М.И.Герасимова, С.А.Шоба и др.):

- основная масса, или матрица — материал неагрегированной почвенной массы и агрегатов является фоном по отношению к новообразованиям;
- скелет — зерна первичных минералов и обломков пород;
- тонкодисперсная масса (плазма) — часть почвенного материала, состоящая из дисперсных частиц — глинистых минералов, оксидов железа, алюминия, гумусовых веществ и др.
- поры — свободные пустоты, занятые воздухом;
- включения — обломки породы и почвенный материал, инородный для данного горизонта;
- новообразования — скопления веществ химического и биологического происхождения в процессе почвообразования.

Микроморфология позволяет решать ряд генетических вопросов почвоведения и объяснять некоторые явления, связанные с почвенным плодородием, при орошении, осушении, рекультивации почв, химических мелиорациях и других видах агрогенного воздействия.

Глава 11. Гранулометрический состав ПОЧВ

Твердая фаза почвы состоит из частиц разного размера, которые называются механическими элементами. Как правило, отдельные механические элементы в почве находятся в агрегированном состоянии, в виде структурных отдельностей (педов), и для их определения необходимо разрушить агрегаты механическим или химическим способом. В песчаных и супесчаных почвах агрегаты отсутствуют, и механические элементы находятся в раздельно-частичном состоянии.

Гранулометрический состав почвы характеризуется содержанием механических элементов разного размера, выраженном в % к массе абсолютно сухой почвы. Близкие по размерам механические элементы характеризуются примерно одинаковыми свойствами и поэтому их группируют во фракции. Существует несколько группировок, или классификаций механических элементов как отечественных, так и зарубежных. В России наибольшее распространение получила классификация механических элементов, разработанная А.Н. Сабининым и В.Р. Вильямсом и уточненная впоследствии Н.А. Качинским (табл. 11.1).

Частицы размером более 1 мм называются почвенным скелетом, менее 1 мм — мелкоземом. Сумма частиц мельче 0,001 мм называется илистой фракцией, и при определении гранулометрического состава для практических целей на более мелкие фракции не подразделяется.

Отдельные фракции механических элементов различаются по химическому и минералогическому составу, а также по физико-химическим и физическим свойствам. Наиболее резкие различия наблюдаются между фракцией ила (<0,001 мм) и остальными фракциями.

11.1. Классификация механических элементов (Н.А.Качинский, 1965)

Название фракции	Размер, мм	Название фракции	Размер, мм
Камни	более 3	Пыль:	
Гравий	3–1	крупная	0,05–0,01
Песок:	1–0,5	средняя	0,01–0,005
		мелкая	0,005–0,001
		Ил:	
крупный	0,5–0,25	грубый	0,001–0,0005
средний	0,25–0,05	тонкий	0,0005–0,00001
мелкий		Коллоиды	менее 0,00001

Фракции песка и пыли состоят в основном из первичных минералов (кварц, полевые шпаты и др.). В илистой фракции преобладают вторичные минералы с примесью органических веществ и сильно измельченных (тонко-дисперсных) первичных. Вторичные минералы и гумусовые вещества обуславливают высокую поглонительную способность этой фракции по отношению к катионам, в ней сосредоточен основной запасной фонд элементов питания. У илистых частиц хорошо выражена способность к коагуляции с образованием структурных агрегатов, что существенно улучшает водно-физические свойства почв.

По мере уменьшения размеров фракций повышаются влагоемкость, удельная поверхность, высота капиллярного поднятия, набухание, емкость катионного обмена, снижается водопроницаемость. По этим показателям наиболее резкая граница проходит между фракциями крупной и средней пыли. Фракции крупной пыли обладают такими же свойствами, как фракции песка, поэтому все частицы крупнее 0,01 мм (крупный, средний, мелкий песок и крупная пыль) объединяются в группу физического песка, а частицы мельче 0,01 мм (средняя, мелкая пыль и ил) — в группу физической глины.

11.1. Классификация почв по гранулометрическому составу

Классификация почв по гранулометрическому составу основана на соотношении в них физической глины и физического песка. Она разработана Н.М. Сибирцевым и затем уточнена Н.А. Качинским с некоторыми различиями для подзолистых, черноземных почв и солонцов. В табл. 11.2 приведена классификация Н.А. Качинского для подзолистых почв, которая в настоящее время предлагается в качестве единой для всех почв (В.И. Кирюшин, 1996).

Кроме основного названия, определенного по содержанию физической глины и физического песка, введено дополнительное, с учетом преобладающей фракции: песчаной (1,0-0,05 мм), крупнопылевой (0,05-0,01 мм), пылевой (0,01-0,001 мм) и иловой (< 0,001 мм). Иногда в научных целях в дополнительном названии используются две преобладающие фракции, при этом на последнее место ставится та, которой больше содержится, например, суглинок средний пылевато-иловатый.

11.2. Классификация почв по гранулометрическому составу

Содержание физической глины (<0,01 мм), %	Основное наименование разновидностей	Дополнительное наименование
0 – 5 5 – 10 10 – 20 20 – 30	Рыхлопесчаная Связнопесчаная Супесчаная Легкосуглинистая	Песчаные и крупнопылеватые
30 – 40 40 – 50 50 – 65 65 – 80	Среднесуглинистая Тяжелосуглинистая Легкоглинистая Среднеглинистая	
>80	Тяжелоглинистая	Пылеватые и иловатые

Содержание физической глины и физического песка (мелкозема) в сумме составляет 100%. Если почва имеет содержание гравия (1-3 мм), превышающее содержание преобладающих фракций мелкозема, то это указывается в названии почвы, например: супесь крупнопылевато-гравелистая.

Отдельно вводится в название степень каменистости в зависимости от содержания частиц более 3 мм в % к массе почвы: не каменистая (менее 0,5), слабокаменистая (0,5-5), среднекаменистая (5-10), сильнокаменистая (>10).

11.2. Агроэкологическая оценка гранулометрического состава почв

Гранулометрический состав оказывает очень большое влияние на процессы почвообразования, свойства и режимы почв.

Как правило, гранулометрический состав наследуется от почвообразующей породы и очень медленно изменяется во времени. Необходимы тысячи и десятки тысяч лет для его изменения. В связи с этим на породах разного гранулометрического состава часто формируются почвы, отличающиеся по свойствам. Особенно резко эта граница выражена между песчаными и супесчаными разновидностями, с одной стороны, и всеми остальными — с другой. Обычно в почвенной классификации разные по гранулометрическому составу почвы выделяются на уровне низких таксономических рангов — разновидностей, иногда родов, однако песчаные почвы во многих природных зонах выделяются в отдельные

типы и подтипы, например, серопески среди черноземов или альфегумусовые подзолы среди подзолистых почв.

Песчаные и супесчаные почвы состоят в основном из кварца с незначительной примесью полевых шпатов и других первичных минералов. Поэтому в их химическом составе более 90%, а зачастую более 95%, приходится на долю оксида кремния. Такие почвы имеют раздельно частичное сложение и характеризуются высокой водопроницаемостью, низкой влагоемкостью, отсутствием структурных агрегатов, низким содержанием гумуса, низкой емкостью катионного обмена и поглотительной способностью в целом, низким содержанием элементов питания. Все эти свойства в основном являются негативными для растений. Преимуществом песчаных и супесчаных почв является рыхлое сложение, хорошая воздухопроницаемость и быстрая прогреваемость, что положительно сказывается на обеспечении кислородом корневых систем. Песчаные и супесчаные почвы требуют меньших затрат на обработки, в связи с чем их и называют легкими. Свойства легких почв существенно улучшаются при внесении в них органических веществ, высоких (мелиоративных) норм торфа, компостов, использовании зеленого удобрения. Супесчаные почвы приближаются к оптимальным в холодных и влажных областях. Многие культуры, такие как картофель, озимая пшеница, ряд овощных культур, ячмень, овес, в условиях таежно-лесной зоны дают более высокие урожаи на легких почвах, по сравнению с тяжелыми. Ис-

11.3. Оценка почв разных по гранулометрическому составу для зерновых культур (баллы), по Н.А. Качинскому, 1965

Почвы	Глинистые	Тяжелосуглинистые	Среднесуглинистые	Легкосуглинистые	Супесчаные	Песчаные связные	Песчаные рыхлые
Подзолисто-глеевые	4	6	8	10	8	5	3
Подзолистые	5	6	8	10	7	5	3
Дерново-подзолистые	6	7	10	8	6	4	2
Серые лесные	8	10	9	7	6	4	2
Черноземы типичные	10	9	8	6	4	3	1
Черноземы южные	9	10	8	7	5	3	1
Темно-каштановые	8	10	9	7	6	3	1
Каштановые	7	9	10	8	6	3	1

11.2. Классификация почв по гранулометрическому составу

Содержание физической глины (<0,01 мм), %	Основное наименование разновидностей	Дополнительное наименование
0 – 5 5 – 10 10 – 20 20 – 30	Рыхлопесчаная Связнопесчаная Супесчаная Легкосуглинистая	Песчаные и крупнопылеватые
30 – 40 40 – 50 50 – 65 65 – 80	Среднесуглинистая Тяжелосуглинистая Легкоглинистая Среднеглинистая	
>80	Тяжелоглинистая	Пылеватые и иловатые

Содержание физической глины и физического песка (мелкозема) в сумме составляет 100%. Если почва имеет содержание гравия (1-3 мм), превышающее содержание преобладающих фракций мелкозема, то это указывается в названии почвы, например: супесь крупнопылегато-гравелистая.

Отдельно вводится в название степень каменистости в зависимости от содержания частиц более 3 мм в % к массе почвы: не каменистая (менее 0,5), слабокаменистая (0,5-5), среднекаменистая (5-10), сильнокаменистая (>10).

11.2. Агроэкологическая оценка гранулометрического состава почв

Гранулометрический состав оказывает очень большое влияние на процессы почвообразования, свойства и режимы почв.

Как правило, гранулометрический состав наследуется от почвообразующей породы и очень медленно изменяется во времени. Необходимы тысячи и десятки тысяч лет для его изменения. В связи с этим на породах разного гранулометрического состава часто формируются почвы, отличающиеся по свойствам. Особенно резко эта граница выражена между песчаными и супесчаными разновидностями, с одной стороны, и всеми остальными — с другой. Обычно в почвенной классификации разные по гранулометрическому составу почвы выделяются на уровне низких таксономических рангов — разновидностей, иногда родов, однако песчаные почвы во многих природных зонах выделяются в отдельные

типы и подтипы, например, серопески среди черноземов или альфегумусовые подзолы среди подзолистых почв.

Песчаные и супесчаные почвы состоят в основном из кварца с незначительной примесью полевых шпатов и других первичных минералов. Поэтому в их химическом составе более 90%, а зачастую более 95%, приходится на долю оксида кремния. Такие почвы имеют раздельно частичное сложение и характеризуются высокой водопроницаемостью, низкой влагоемкостью, отсутствием структурных агрегатов, низким содержанием гумуса, низкой емкостью катионного обмена и поглотительной способностью в целом, низким содержанием элементов питания. Все эти свойства в основном являются негативными для растений. Преимуществом песчаных и супесчаных почв является рыхлое сложение, хорошая воздухопроницаемость и быстрая прогреваемость, что положительно сказывается на обеспечении кислородом корневых систем. Песчаные и супесчаные почвы требуют меньших затрат на обработки, в связи с чем их и называют легкими. Свойства легких почв существенно улучшаются при внесении в них органических веществ, высоких (мелиоративных) норм торфа, компостов, использовании зеленого удобрения. Супесчаные почвы приближаются к оптимальным в холодных и влажных областях. Многие культуры, такие как картофель, озимая пшеница, ряд овощных культур, ячмень, овес, в условиях таежно-лесной зоны дают более высокие урожаи на легких почвах, по сравнению с тяжелыми. Ис-

11.3. Оценка почв разных по гранулометрическому составу для зерновых культур (баллы), по Н.А. Качинскому, 1965

Почвы	Глинистые	Тяжелосуглинистые	Среднесуглинистые	Легкосуглинистые	Супесчаные	Песчаные связные	Песчаные рыхлые
Подзолисто-глеевые	4	6	8	10	8	5	3
Подзолистые	5	6	8	10	7	5	3
Дерново-подзолистые	6	7	10	8	6	4	2
Серые лесные	8	10	9	7	6	4	2
Черноземы типичные	10	9	8	6	4	3	1
Черноземы южные	9	10	8	7	5	3	1
Темно-каштановые	8	10	9	7	6	3	1
Каштановые	7	9	10	8	6	3	1

**11.4. Оценка почв разного гранулометрического состава
в зависимости от условий атмосферного увлажнения
(в долях единицы от нормативной урожайности),
по В.Д.Мухе, 1994**

Культура	Гранулометрический состав				Зона увлажнения
	Песчаные и супесчаные	Легко- и средне- суглинистые	Тяжело- суглинистые и глинистые, структурные	Тяжелосугли- нистые и глинистые, с плохой структурой	
Озимая пшеница	0,75	1,0	0,85	0,65	Влажная Полувлажная Засушливая
	0,30	0,80	1,0	0,90	
	0,40	1,0	1,0	0,80	
Озимая рожь	0,19	1,0	0,90	0,75	Влажная Полувлажная
	0,30	0,65	1,0	0,75	
Ячмень	0,90	1,0	1,0	0,85	Влажная Полувлажная Засушливая
	0,25	0,60	1,0	0,95	
	0,20	0,65	1,0	0,95	
Овес	0,85	1,0	0,75	0,55	Влажная Полувлажная Засушливая
	0,40	0,85	1,0	0,95	
	0,40	1,0	0,90	0,80	
Кукуруза на зерно	0,50	1,0	0,75	0,60	Влажная Полувлажная Засушливая
	0,30	0,70	1,0	0,65	
	0,25	0,75	1,0	0,50	
Сахарная свекла	0,30	0,70	1,0	0,65	Полувлажная
Картофель	0,70	1,0	0,85	0,55	Влажная Полувлажная Засушливая
	0,50	1,0	0,70	0,40	
	0,30	0,75	1,0	0,65	
Сеяные травы	0,50	1,0	1,0	0,80	Влажная Полувлажная Засушливая
	0,30	0,85	1,0	0,70	
	0,30	0,80	1,0	0,65	
Подсол- нечник Лен	0,25	0,60	1,0	0,65	Влажная Засушливая
	0,40	1,0	0,85	0,40	
Виноград	0,85	0,85	1,0	0,65	Полувлажная Засушливая
	0,75	1,0	0,80	0,45	

ключение составляет озимая рожь, предпочитающая тяжелые почвы. По мере продвижения к югу, в лесостепную, степную и сухостепную зоны, на легких почвах резко возрастает недостаток влаги и, соответственно, снижается их производительная способность (табл. 11.3, 11.4), поэтому более оптимальными становятся тяжелосуглинистые и глинистые почвы.

Для коренного улучшения песчаных и супесчаных почв иногда применяют глинование — внесение тяжелосуглинистого или глинистого мелкозема, взятого, по возможности, из верхнего

гумусированного слоя почв, в дозе 300-800 т/га. Это мероприятие очень дорогостоящее и применяется на небольших площадях. Весьма эффективным приемом коренного улучшения легких почв является внесение высоких (мелиоративных) доз (150-300 т/га) торфа или торфонавозных компостов.

Для коренного улучшения бесструктурных тяжелосуглинистых и глинистых почв используют пескование — внесение высоких доз песка (300-700 т/га). Пескование является также весьма дорогостоящим мероприятием и применяется на ограниченных площадях. Так же, как и на легких, на тяжелых почвах часто вносят мелиоративные дозы торфа или органических компостов, которые в этом случае оказывают разрыхляющее действие, усиливают водопроницаемость и улучшают водный режим.

Имеются существенные различия в использовании тяжелых и легких почв. Они заключаются в дозах внесения химических мелиорантов при оптимизации реакции среды (на легких почвах дозы меньше, но мелиорации проводят чаще), в нормах полива в орошаемом земледелии, в сроках и способах обработки, в разных нормах и видах минеральных удобрений.

Гранулометрический состав учитывается при землеустройстве территории: при выборе участков под многолетние насаждения, при введении специализированных севооборотов, проведении почвозащитных мероприятий и др.

Глава 12. Минералогический состав почв и почвообразующих пород

Минералами называются однородные природные химические соединения элементов или самородные элементы, образующиеся в глубоких слоях литосферы и на ее поверхности. Свойства, состав и процессы их образования изучает наука — минералогия.

Большинство минералов имеют кристаллическое строение. Кристаллы и кристаллические вещества изучает раздел минералогии — кристаллография. Кристаллы часто имеют форму различных многогранников — кубов, призм, пирамид, октаэдров и др. Некоторые минералы имеют не кристаллическое, а аморфное строение (например, опал), но со временем могут кристаллизоваться (опал переходит в кварц). Дисперсные системы, состоящие

из мельчайших частиц диаметром от 10^{-4} до 10^{-6} мм, получили название коллоидов. К ним относятся некоторые природные гели, в которых дисперсная среда (вода) занимает пространство между коллоидными частицами (например, опал).

Всего известно около 2 тыс. минералов, а число разновидностей достигает 4 тыс. Широкое распространение в почвах и почвообразующих породах имеют около 50 минералов. Они подразделяются на первичные и вторичные. Первичные минералы (кварц, полевые шпаты и др.) образовались в глубоких слоях земной коры при высоких температурах и давлении. Только из них состоят магматические породы. Первичные минералы неустойчивы в условиях земной поверхности и подвергаются процессам выветривания. Они содержатся, в основном, в частицах почвы диаметром более 0,001 мм.

Вторичные минералы образовались в результате экзогенных процессов выветривания из первичных минералов. Они более устойчивы к процессам выветривания, по сравнению с первичными, так как образовались в термодинамических условиях земной поверхности. Вторичные минералы являются тонкодисперсионными и содержатся, в основном, во фракции почв диаметром менее 0,001 мм.

Из группы вторичных минералов в почвах преобладают слоистые алюмосиликаты (каолинит, монтмориллонит и др.), оксиды и гидроксиды железа и алюминия, а также кальцит, гипс и другие простые соли.

В большинстве типов почв первичных минералов содержится больше, чем вторичных, за исключением некоторых тропических почв, которые характеризуются сильной степенью выветрелости.

По химическому составу выделяются следующие девять классов минералов: 1) силикаты, 2) карбонаты, 3) нитраты, 4) сульфаты, 5) фосфаты, 6) оксиды и гидроксиды, 7) галоиды, 8) сульфиды, 9) самородные элементы. Большинство из перечисленных классов включают как первичные, так и вторичные минералы. Преобладают в породах и почвах силикаты и карбонаты.

12.1. Первичные минералы

Наибольшее распространение в почвах и породах имеют силикаты: кварц, полевые шпаты, амфиболы (роговые обманки и пироксены), слюды. В составе магматических пород преобладают полевые шпаты (около 60%), амфиболы и пироксены (около 17%), кварц (12%), слюды (около 4%), прочие (около 7%). В осадочных породах и почвах (рис. 12.1) преобладает кварц (40-60% и более), как наиболее

устойчивый к выветриванию, затем идут полевые шпаты (до 20%), слюды (3-7%).

Свойства силикатов, в том числе устойчивость к выветриванию, определяются строением кристаллической решетки, состоящей из кремнекислородных тетраэдров (SiO_4)⁴⁻. Во всех силикатах каждый атом кремния соединен с четырьмя атомами кислорода, расположенными в вершинах тетраэдра, в центре которого находится атом кремния. Кремнекислородный тетраэдр обладает четырьмя свободными валентными связями, которые могут быть компенсированы присоединением катионов или соединением с другими кремнекислородными тетраэдрами. Тетраэдры, соединяясь через кислородные ионы, могут образовывать различные сочетания, или типы структур: островные (оливин), ленточные (амфиболы), листовые (слюды), каркасные (полевые шпаты, кварц) (рис. 12.2). Если тетра-



Рис. 12.1. Минералогический состав магматических и осадочных пород

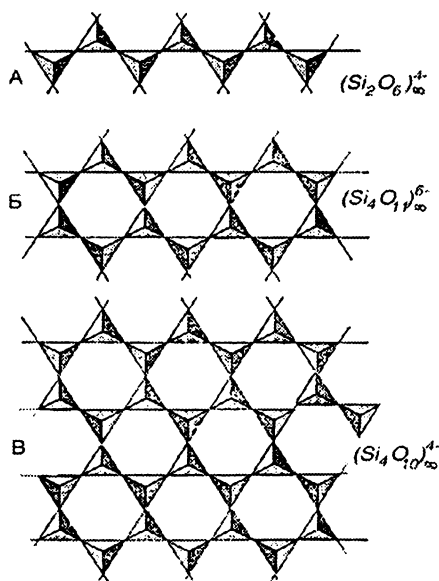


Рис. 12.2. Кремнекислородные радикалы: А — цепочные; Б — ленточные; В — листовые

эдры в структуре располагаются изолированно, соединяясь между собой через положительно заряженные атомы металлов, получается самый простой — островной тип структуры. При соединении тетраэдров через кислородные ионы образуются цепочки, ленты, листы или слои, каркасы. В каркасных структурах часть ионов кремния может замещаться алюминием, при этом образуются алюмосиликаты.

Кварц (SiO_2). По химической природе кварц — типичный оксид, а по кристаллической структуре его относят к каркасным силикатам. Известны разновидности кварца, имеющие разный цвет и прозрачность: горный хрусталь, аметист, раухтопаз, морин. Кварц весьма стойкий к выветриванию минерал, поэтому он накапливается в осадочных породах и в почвах. Особенно много кварца содержится в песчаных и супесчаных почвах. Обогащенность почв кварцем обуславливает пониженное плодородие, из-за его химической инертности, неспособности удерживать влагу и элементы питания.

Существуют разновидности кварца вторичного (экзогенного) происхождения: халцедон — скрытокристаллическая разновидность кварца; опал — аморфная разновидность, содержащая воду; гейзерит — гидротермальный опал. Все перечисленные минералы вместе с кварцем объединены в группу свободного кремнезема.

Полевые шпаты. Эта наиболее распространенная в литосфере группа минералов имеет каркасный тип кристаллической решетки. В каркасных структурах часть ионов четырехвалентного кремния замещена трехвалентным алюминием, в результате создается комплексная алюмокремниевая группа (поэтому их относят к алюмосиликатам) и возникает свободная валентность кислорода, которая компенсируется ионами калия, натрия и кальция.

По химическому составу полевые шпаты подразделяются на три подгруппы: 1) калиево-натриевые полевые шпаты, в состав которых входят $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ и $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$, к этим соединениям относятся ортоклаз, микроклин и др.; 2) натриево-кальциевые полевые шпаты, или плагиоклазы, представляющие собой изоморфные смеси натриевой молекулы — $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ (в чистом виде называется альбит) и кальциевой — $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ (в чистом виде называется анортит); 3) фельдшпатиды по химическому составу сходны с полевыми шпатами, но имеют меньшее содержание оксидов кремния, они часто замещают полевые шпаты в основных породах.

В зависимости от содержания оксида кремния полевые шпаты подразделяются на кислые, с повышенным содержанием

кремнезема (ортоклаз, микроклин, альбит); средние и основные — с пониженным содержанием (лабрадор, анортит и др.). Полевые шпаты являются менее устойчивыми к выветриванию, по сравнению с кварцем. Среди них наиболее устойчивыми считаются кислые полевые шпаты, содержащиеся в кислых породах (гранит, липарит). Средние и основные, содержащиеся в основных магматических породах (габбро, базальт), менее устойчивы и могут являться источником элементов питания (калия, кальция и др.) для растений.

Пироксены и амфиболы. Пироксены и амфиболы занимают в литосфере по массе второе место после полевых шпатов (около 17%). В почвах и осадочных породах они присутствуют в небольших количествах, в связи с низкой устойчивостью к выветриванию. Пироксены относятся к цепочечным силикатам. Типичным представителем является авгит — порообразующий минерал основных и ультраосновных пород.

Амфиболы относятся к ленточным силикатам. Типичным и наиболее распространенным представителем является роговая обманка.

Группа слюд. Эта группа минералов имеет листовую, слоистую структуру. В земной коре содержится около 4% слюд. В осадочных породах и почвах — встречаются в небольших количествах. В этой группе минералов часть кремнекислородных тетраэдров заменена на алюмокислородные, поэтому они относятся к алюмосиликатам. Типичными представителями являются мусковит и биотит, в своем составе содержат калий, магний, железо. Слюды более устойчивы к процессам выветривания, по сравнению с амфиболами и пироксенами.

12.2. Вторичные минералы

Вторичные минералы содержатся только в осадочных породах и в почвах. Они представлены в основном глинистыми минералами, оксидами железа, алюминия и простыми солями.

Глинистые минералы. Минералы этой группы относятся к слоистым алюмосиликатам. Их название связано с тем, что они, как правило, преобладают в составе глин. К глинистым минералам относятся минералы групп каолинита, гидрослюд, монтмориллонита, смешаннослоистых минералов, хлорита. Глинистые минералы обладают рядом общих свойств: 1) высокая дисперсность; 2) по-

глутительная, или обменная способность по отношению к катионам; 3) содержат химически связанную воду, которая выделяется при температурах в несколько сотен градусов; 4) имеют слоистое строение, сочетающее тетраэдрические и октаэдрические слои. Различают двух-, трех- и четырехслойные минералы.

Минералы группы каолинита. Каолинит $Al_4(OH)_8(Si_4O_{10})$ — двухслойный минерал с жесткой кристаллической решеткой, состоящей из одного слоя кремнекислородных тетраэдров и одного слоя алюмогидроксильных октаэдров (рис. 12.3). Каолинит не набухает в воде, так как вода не проникает в межплоскостное пространство минерала из-за сильной связи между пакетами. Этот минерал характеризуется узким отношением $SiO_2 : Al_2O_3 = 2$. Он обладает низкой поглотительной способностью (не более 20 мг-экв на 100 г), обусловленной исключительно теми свободными связями, которые имеются на краях элементарных пакетов. К группе каолинита относится минерал галлуазит, отличающийся значительным содержанием межпакетной влаги и более высокой емкостью катионного обмена (40-60 мг-экв на 100 г). Наиболее высокое содержание каолинита — в почвах, формирующихся в условиях субтропических и тропических влажных областей на ферраллитных и аллитных корках выветривания. В почвах умеренных широт его содержание незначительное, за исключением древних кор выветривания. Почвы, содержащие каолинит, характеризуются низкой емкостью катионного обмена, обеднены основаниями, меньше накапливают гумуса, характеризуются пониженным плодородием.

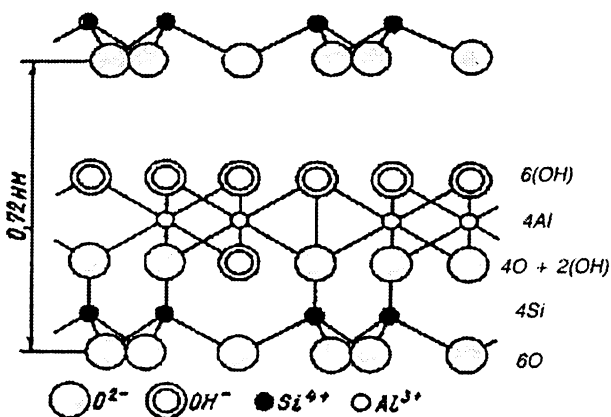


Рис. 12.3. Схема строения кристаллической решетки каолинита

Минералы группы гидрослюд (гидробиотит, гидромусковит и др.).

Их еще называют минералами группы иллита. Эти минералы представляют собой трехслойные алюмосиликаты с нерасширяющейся решеткой, а поэтому межпакетная вода в них отсутствует.

Емкость катионного обмена гидрослюд достигает 45-50 мг-экв на 100 г. Часть кремния в тетраэдрах замещена на алюминий образующийся при этом отрицательный заряд компенсируется необменными ионами калия, который прочно связывает пакеты между собой. Гидрослюды характеризуются повышенным содержанием калия (до 6-8%), который частично используется растениями. Представитель гидрослюд — глауконит является агрономической рудой, калийным удобрением, после соответствующей термической обработки.

Минералы этой группы широко распространены в осадочных породах и почвах, в том числе в подзолистых, серых лесных и др.

К гидрослюдам близок минерал вермикулит, характеризующийся расширяющейся решеткой и очень высокой емкостью катионного обмена (до 100-120 мг-экв на 100 г). Вермикулит часто используют как компонент тепличных грунтов.

Минералы группы монтмориллонита (монтмориллонит, нонтронит, бейделит и др.). Их еще называют минералами группы смектита $(\text{Fe}, \text{Al})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, молярное отношение $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 = 4$. Эта группа минералов имеет трехслойное строение с сильно расширяющейся при увлажнении кристаллической решеткой, при этом они поглощают влагу, сильно набухают и увеличиваются в объеме (рис. 12.4). Отличительной особенностью этих минералов является высокая дисперсность. Разнообразные изоморфные замещения кремния на алюминий, алюминия на железо и магний влекут за собой появление отрицательных зарядов, которые уравниваются обменными катионами. Повышенная дисперсность и изоморфные замещения обуславливают высокую емкость катионного обмена — 80-120 мг-экв на 100 г.

Минералы группы монтмориллонита чаще содержатся в почвах с нейтральной и щелочной реакцией среды (черноземы, каштановые, солонцы) и практически полностью отсутствуют в субтропических и тропических почвах на ферраллитных и аллитных корках выветривания. Много монтмориллонита содержится в слитых почвах.

Минералы группы хлорита. Они имеют четырехслойную набухающую решетку. Содержат в своем составе железо, магний. Могут быть как магматического, так и экзогенного происхождения. Име-

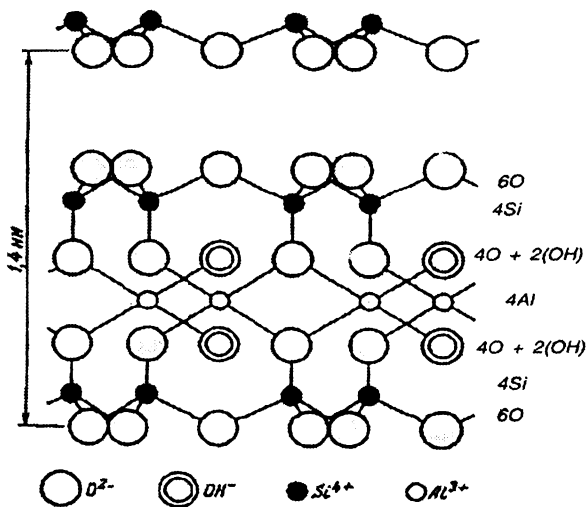


Рис. 12.4. Схема строения кристаллической решетки монтмориллонита.

ются данные (Соколова Т.А., 1982), что почвенные хлориты участвуют в формировании гидролитической кислотности почв.

Группа смешаннослойных минералов. Смешаннослойные минералы имеют кристаллические решетки, в которых чередуются слои разных минералов: монтмориллонита с иллитом, вермикулита с хлоритом и др. Соответственно составным частям они получают название — иллит-монтмориллонит, вермикулит-хлорит и др. В зависимости от состава и доли участия тех или иных минералов свойства их сильно изменяются. Эта группа минералов наиболее распространена в почвах умеренного и холодного гумидного и арктического поясов, в которых они занимают 30-80% от общего содержания глинистых минералов (Б.П. Градусов, 1976).

Минералы гидроксидов и оксидов железа и алюминия. Наибольшее распространение имеют гематит Fe_2O_3 , гетит $Fe_2O_3 \cdot H_2O$, гидрогетит, гиббсит (гидрагелит) $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$. Минералы этих групп встречаются в иллювиальных горизонтах подзолистых, серых лесных почв, почв влажных тропических и субтропических областей (красноземы, ферраллиты и др.). Они образуются путем кристаллизации из аморфных гидратов оксидов железа и алюминия. Минералы этой группы принимают участие в оструктурировании почв, в связывании фосфорной кислоты. В условиях кислой реакции среды гидраты оксидов железа и алюминия растворяются и принимают активное участие в процессах почвообразования.

Аллофаны. Группа вторичных минералов, состоящая из октаэдров и тетраэдров, но расположенных не систематически, а беспорядочно и поэтому имеющих аморфное строение. Они повышают емкость поглощения, увеличивают гидрофильность, липкость и набухаемость почв.

Минералы — соли. Могут быть как вторичными, так и первичными. Наибольшее распространение имеют карбонаты: кальцит — CaCO_3 , доломит — $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$, сода — $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Среди сульфатов наиболее распространены гипс — $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, мирабилит — $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, среди хлоридов — галит NaCl . Много солей содержится в засоленных почвах и почвообразующих породах в аридных областях, где они оказывают ведущее влияние на свойства и плодородие почв.

12.3. Агроэкологическое значение минералогического состава почв

Минералогический состав почв наследуется от почвообразующих пород, является довольно устойчивым во времени и практически не поддается регулированию, за исключением приемов пескования, глинования; химических мелиораций — известкования, гипсования; удаления из почв водорастворимых солей промывками.

С минералогическим составом тесно связаны гранулометрический и химический составы почв, физико-механические, а также физические и физико-химические свойства. Очень часто он определяет направленность почвообразовательных процессов и приводит к формированию специфических типов почв, получивших название литогенных, в составе и свойствах которых в меньшей степени проявляется влияние биологического и климатического факторов почвообразования. Минералогический состав оказывает влияние на прочность связи гумусовых веществ с минеральной частью почв и, в целом, на количество накапливающегося гумуса, на емкость катионного обмена, реакцию среды, потенциальный запас элементов питания для растений, на процессы формирования агрономически ценной структуры и поэтому является одним из ведущих факторов, определяющих уровень почвенного плодородия.

Глава 13. Химический состав почв и почвообразующих пород

13.1. Содержание химических элементов в почвах и почвообразующих породах

Почва является четырехфазной системой. Она включает твердую, жидкую, газообразную и живую фазы. Каждая фаза имеет специфический химический состав. Твердая фаза автоморфных почв является преобладающей по массе и преимущественно состоит из минеральных — 80-90% и, в меньшей мере, — 10-15% — органических веществ. Минеральная часть почвы в основном состоит из кислорода и кремния. Затем идут в убывающем порядке алюминий и железо, кальций, калий, натрий и магний (табл.13.1). Эти 8 элементов в сумме составляют около 99% минеральной части почв и почвообразующих пород. Около 1% приходится на все остальные элементы. Среди них повышенное содержание имеют титан, фосфор, марганец, сера и хлор, водород и углерод, которые относятся к макроэлементам. Очень незначительную часть почвы занимают микроэлементы: Cu, Zn, Mo, B, Pb и др. Углерод, азот и, частично, водород, сера и фосфор содержатся в основном в составе органических веществ.

Литосфера и почвы имеют близкий химический состав. Однако в составе почв значительно больше содержится углерода и азота, что связано с их биологическим накоплением в составе органических веществ. Несколько больше в почвах, по сравнению с литосферой, содержится кислорода, водорода и кремния и меньше — алюминия, железа, кальция, магния, натрия, калия и других металлов, что связано с процессами выветривания и поч-

13.1. Содержание (в весовых процентах) химических элементов в литосфере и почвах (А.П.Виноградов)

Элемент	Литосфера	Почва	Элемент	Литосфера	Почва
O	47,2	49,0	Mg	2,10	0,63
Si	27,6	33,0	C	0,10	2,00
Al	8,8	7,13	S	0,09	0,085
Fe	5,1	3,80	P	0,08	0,08
Ca	3,6	1,37	Cl	0,045	0,01
Na	2,64	0,63	Mn	0,09	0,085
K	2,60	1,36	N	0,01	0,10

вообразования. В результате этих процессов относительно накапливается кремний в составе устойчивых к выветриванию минералов и, прежде всего, кварца; выносятся за пределы почвенного профиля алюминий, железо и др. элементы.

Валовой состав минеральной части почвы принято выражать в виде процентного содержания оксидов на сухую навеску, а также на прокаленную почву. Пересчеты на безгумусную, бескарбонатную и прокаленную почву необходимы для суждения о перераспределении элементов в почвенном профиле в процессе почвообразования.

В большинстве типов почв преобладают оксиды кремния (SiO_2). Содержание их в среднем составляет 60-70%, с колебаниями от 30% в ферраллитных почвах тропиков до 95% в песчаных почвах. На долю полуторных оксидов (R_2O_3), основную часть которых составляют оксиды железа и алюминия, приходится, в среднем, 15-20%, с колебаниями от 1-2% в песчаных почвах до 50 и более — в ферраллитных почвах тропиков. Валовое содержание оксидов кальция, магния, калия и натрия в сумме составляет 5-6%, с колебаниями от 1-2% в песчаных до 20% и более в засоленных почвах и в почвах, формирующихся на породах с повышенным содержанием карбонатов. Содержание остальных оксидов (TiO_2 , P_2O_5 , SO_3 и др.) в сумме составляет около 1%.

13.2. Формы соединений химических элементов в почвах

Химические элементы в почвах находятся в форме различных соединений, отличающихся строением, составом, степенью устойчивости к выветриванию, растворимостью и др. Выделяют следующие формы соединений химических элементов в почвах: первичные и вторичные минералы, органические вещества, органо-минеральные соединения, обменные (поглощенные) формы, почвенные растворы, газообразные формы в составе почвенного воздуха, живое вещество почв.

Первичные и вторичные минералы. В форме первичных и вторичных минералов находится преобладающая часть химических элементов в минеральных почвах как по их числу, так и по массе: кислород, кремний, алюминий, железо, кальций, магний, калий, натрий, марганец, титан, хлор, частично фосфор и сера. Наблюдается приуроченность важнейших микроэлементов к минералам. Так, медь обнаруживается в составе авгита, апатита, биотита,

полевых шпатов; цинк, кобальт и никель — в составе роговых обманок, биотита, магнетита; свинец — в авгите, апатите, мусковите, полевых шпатах. На основании данных по содержанию химических элементов можно получить приближенные сведения о минералогическом составе почв и почвообразующих пород.

Органическое вещество. Гумус и органические остатки состоят в основном из углерода (25-65%), кислорода (30-50%), азота (1-5%), водорода (2-5%). В составе молекул органических соединений всегда присутствуют сера, фосфор, а также ряд металлов, в том числе и микроэлементов.

Органо-минеральные соединения. Эта форма представлена продуктами взаимодействия органических веществ с минеральной частью почв: простыми гетерополярными, комплексно-гетерополярными солями гумусовых кислот с ионами металлов и глиногумусовыми сорбционными комплексами.

Обменные ионы в составе почвенного поглощающего комплекса (ППК). Обменные ионы составляют небольшую часть от общего содержания химических элементов в почвах. Их количество измеряется единицами и десятками мг-экв на 100 г почвы. Поскольку в почвах преобладают отрицательно заряженные коллоиды, то в поглощенном (обменном) состоянии преобладают катионы. Преобладающими в ППК и играющими большую роль в почвенных процессах и формировании физико-химических свойств почв являются катионы: Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ , Al^{3+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ . Присутствуют также катионы Mn^{2+} , Fe^{2+} , лития, стронция и др. В поглощенном состоянии могут находиться и анионы (SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NO_3^- и др.) на положительно заряженных участках коллоидной мицеллы.

Почвенный раствор. В почвенном растворе содержатся минеральные, органические и органо-минеральные вещества в виде ионных, молекулярных и коллоидных форм. В них также присутствуют растворенные газы: CO_2 , O_2 и др. Концентрация почвенного раствора обычно находится в пределах 1 или несколько граммов на литр.

Почвенный воздух. Состав почвенного воздуха аналогичен атмосферному. В нем содержатся O_2 , N_2 , CO_2 , а также в небольших количествах метан, сероводород, аммиак, водород и др. В отличие от атмосферного, состав почвенного воздуха более динамичен как во времени, так и в пространстве.

Живое вещество. В состав живой фазы почв входят грибы, водоросли, бактерии, актиномицеты, мезо- и микрофауна. Основную массу живых организмов составляют: кислород (70%), водо-

род (10%), азот, кальций (1-10%); сера, фосфор, калий, кремний (0,1-1%); железо, натрий, хлор, алюминий, магний (0,01-0,1%).

13.3. Агроэкологическая оценка химического состава почв

Химический состав почв является одним из основных факторов почвенного плодородия. В настоящее время установлено 20 элементов, которые относятся к необходимым элементам питания. Это азот, фосфор, калий, кальций, магний, натрий, железо, углерод, кислород, водород, сера, хлор, медь, цинк, бор, молибден, йод, марганец, кобальт, ванадий. Кроме того, 12 элементов считаются условно необходимыми: кремний, алюминий, серебро, литий, никель, фтор, свинец, титан, стронций, кадмий, хром, селен. Каждый элемент играет определенную физиологическую роль в жизни растений. Как недостаток, так и избыток любого элемента, как правило, отрицательно сказывается на росте и развитии растений. Так, при недостатке азота, фосфора, калия, кальция, магния и др. снижается урожай культурных растений, при недостатке железа возникает заболевание хлорозом; при недостатке цинка и избытке фосфора — розеточность плодовых культур. Недостаток или избыток того или иного элемента в почвах отрицательно сказывается на качестве урожая и может вызывать заболевания животных и человека. Так, например, избыток молибдена способствует развитию подагры, недостаток йода — эндемии зоба, избыток тяжелых металлов — онкологическим заболеваниям и болезням нервной системы.

Диагностику степени обеспеченности растений элементами питания проводят не по валовому их содержанию в почвах, а по количеству доступных, или усвояемых форм. К доступным относятся водорастворимые, подвижные (растворимые в слабых растворах кислот и щелочей) и обменные формы элементов, а также связанные с легкоразлагаемым органическим веществом.

Недостаток того или иного элемента в почвах компенсируется применением органических и минеральных удобрений.

Глава 14. Органическое вещество и органо-минеральные соединения в почвах

Содержание органического вещества в гумусовом горизонте целинных автоморфных почв различных природных зон колеблется от 0,5-1,0% в пустынных и полупустынных почвах до 13-15% в черноземах лесостепной зоны. На преобладающих площадях пахотных угодий России в пахотном слое его содержание составляет всего лишь 2-5%. С глубиной содержание органического вещества в профиле почв резко или постепенно снижается до десятых долей процентов. Однако практически все генетические, агрономические свойства и режимы почв в той или иной степени связаны с содержанием и составом органического вещества.

14.1. Состав органического вещества почв

Качественный состав органического вещества почв очень разнообразен, что определяется разнообразием растительных и животных остатков, ежегодно поступающих в почву, условиями их трансформации и взаимодействия с минеральной частью почв. По составу органическое вещество почв можно разделить на три части.

1. Источники гумуса — свежие, неразложившиеся вещества растительного и животного происхождения, ежегодно поступающие в почву в виде наземного и корневого опада растений, остатков животного происхождения, в том числе микроорганизмов, состоят из веществ неспецифической природы (белки, углеводы, лигнин и др.).

2. Детрит — промежуточные продукты разложения и гумификации источников гумуса, не связанные с минеральной частью почвы. Содержат много неспецифических веществ.

3. Гумусовые вещества специфической природы: гуминовые кислоты, фульвокислоты, гумин, связанные в различной степени прочности с минеральной частью почвы.

Состав источников гумуса определяется видом растительных и животных остатков; детрита — видом растительных и животных остатков и условиями разложения и гумификации; гумусовых веществ — условиями гумификации и взаимодействия с минеральной частью почвы.

Понятием “гумус” объединяются весьма разнокачественные

вещества, полностью утратившие черты анатомического строения организмов. Основную массу гумуса составляют гумусовые вещества. Некоторая часть его (единицы и десятки процентов) всегда представлена гумифицированным детритом и неспецифическими веществами. Разнокачественность включаемых в гумус веществ создает затруднения в интерпретации ряда свойств гумуса.

Исходя из функциональных свойств и способности к трансформации, вполне логично в одну группу объединять две первые части — источники гумуса и детрит — под общим названием легкоразлагаемое (лабильное) органическое вещество. В эту же группу входят и практически все виды внесенных в почву органических удобрений (различные виды навоза, компосты и др.).

Гумусовые вещества, как наиболее устойчивые к разложению, следует относить к стабильной (трудноразлагаемой) части органического вещества.

14.2. Состав и свойства гумусовых веществ

Гумусовые вещества представляют собой гетерогенную, полидисперсную систему высокомолекулярных, азотсодержащих, ароматических органических соединений кислотной природы. В их составе выделяют три группы: гуминовые кислоты, фульвокислоты и гумин, или негидролизуемый остаток. Качественное соотношение этих групп характеризует групповой состав гумуса. В составе групп выделяются фракции, отличающиеся друг от друга некоторыми свойствами (растворимость, молекулярная масса, элементный состав и др.). Количественное соотношение фракций характеризует фракционный состав гумуса.

Гуминовые кислоты — группа темно-окрашенных (от бурой до черной) гумусовых кислот (бурые, серые, гиматомелановые), которые хорошо растворяются в щелочных растворах, но не растворяются в минеральных кислотах и в воде. Из щелочных растворов гуминовые кислоты осаждаются водородом минеральных кислот, а также двух-, трехвалентными катионами. Основными компонентами молекулы являются ядро, периферические боковые цепи и функциональные группы.

Ядро молекулы представлено ароматическими или гетероциклическими кольцами типа бензола, фурана, пиридина, нафталина и др. Ядерные фрагменты соединены между собой углеродными, аминокислотными и другими цепочками и мостиками (-O-, -N-, -CH₂-, -C-C-) и образуют рыхлое сетчатое строение.

Боковые цепи содержат функциональные группы, преимущественно карбоксильные (-COOH) и фенолгидроксильные (-OH) с участием метоксильных, карбонильных, амидных, которые определяют кислотную природу этих соединений. Водород функциональных групп способен замещаться на металлы. При этом образуются соли гуминовых кислот — гуматы.

Наличие функциональных групп обуславливает очень высокую емкость поглощения катионов, которая составляет при нейтральной реакции 300-700 мг-экв на 100 г препарата гуминовой кислоты; при кислой — несколько снижается, а при щелочной — возрастает до 800-1000 мг-экв. В элементном составе гуминовых кислот содержится: С — 50-62%; О — 31-40%; N — 2-5%; H — 3-5%. Значительная часть азота находится в труднодоступной для растений форме. Кроме того, в составе препаратов всегда содержится 1-5% зольных элементов (Si, Al, Fe, P и др.), даже после тщательной их очистки. Молекулярная масса гуминовых кислот может достигать десятков и сотен тысяч единиц.

Фульвокислоты — группа светло-окрашенных (от желтой до бурой) гумусовых кислот (креновые, апокреновые), сходных по составу и строению с гуминовыми кислотами, но имеющих ряд существенных отличий:

- более выраженная периферическая часть молекулы и, в меньшей степени, ароматическая ядерная, более низкие молекулярные массы;
- хорошо растворяются не только в щелочных растворах, но и в кислотах и в воде, на чем основано их отделение от гуминовых кислот в щелочных растворах;
- в элементном составе — меньше С (40-52%), но больше кислорода (40-48%), примерно, такое же как у гуминовых кислот содержание азота и водорода, но гидролизуемого азота больше;
- больше карбоксильных и фенолгидроксильных функциональных групп и более высокая емкость катионного обмена (до 1000 и более мг-экв на 100 г препарата);
- обладают большей подвижностью в почвенном профиле и агрессивностью по отношению к минеральной части почв.

При взаимодействии фульвокислот с катионами образуются соли — фульваты. Водные растворы фульвокислот обладают очень кислой реакцией (рН 2,6-2,8).

Гумины (негидролизуемый остаток) — совокупность соединений гуминовых и фульвокислот, очень прочно связанных с ми-

неральной частью почв. При выделении гуминов из почвы и разрушении этих связей происходит гидролитическое расщепление молекул гуминовых и фульвокислот, что не позволяет детально изучить состав этой группы соединений. Гидролитическое расщепление молекул происходит при выделении и очистке препаратов гуминовых кислот и фульвокислот под действием кислот и щелочей. К сожалению, прямых методов изучения состава и свойств гумусовых веществ, исключающих разрушение связей с минеральной частью почв, практически нет. В связи с этим интерпретация результатов исследования выделенных препаратов гуминовых и фульвокислот на состав и свойства природных гумусовых веществ не всегда корректна.

В заключение этого раздела следует отметить, что прямых методов определения гумуса в почвах нет. Проводят определение содержания углерода, а в некоторых странах — азота с последующим пересчетом на гумус. По предложению И.В. Тюрина, принято, как среднее, содержание углерода в составе гумуса — 58%, поэтому пересчетный коэффициент с углерода на гумус равен 1,724. Однако, учитывая большую вариабельность углерода в составе гуминовых и фульвокислот, а также гуминовых и фульвокислот в разных почвах, в целях снижения ошибок, полученных за счет пересчета, многие авторы содержание и запасы гумуса представляют в виде содержания углерода.

14.3. Органо-минеральные соединения в почвах

Преобладающая часть гумусовых веществ в почвах находится в форме органо-минеральных соединений. Именно они придают гумусовым веществам устойчивость к разложению и минерализации в условиях земной поверхности и обеспечивают длительное существование во времени, исчисляемое сотнями и тысячами лет.

По характеру взаимодействия выделяют три группы органо-минеральных соединений (Л.Н.Александрова, 1980).

Простые гетерополярные соли. Гуматы, фульваты аммония, щелочных и щелочноземельных металлов. Механизм образования их заключается в обменной реакции между водородом кислотных функциональных групп гумусовых кислот и катионами, находящимися в почвенном растворе. Образующиеся гуматы и фульваты щелочных металлов и аммония хорошо растворимы в воде. Гуматы кальция не растворимы, а магния — частично; при высыхании образуются водопрочные гели, они принимают участие в форми-

ровании водопрочной структуры почвы. Фульваты кальция и магния растворимы в воде при всех значениях рН, кроме сильнощелочных (рН более 10). Растворимость солей гумусовых кислот характеризует их подвижность в почвенном профиле и участие в аккумулятивных процессах.

Комплексно-гетерополярные соли. Эти соединения образуются при взаимодействии гумусовых кислот с поливалентными металлами (железом, алюминием, а также медью, цинком, никелем). Металл в комплексно-гетерополярных солях входит в анионную часть молекул и не способен к обменным реакциям. Установлено, что поливалентные металлы в составе комплексов присутствуют в форме ионов. Характерной особенностью этих соединений является остаточная емкость катионного обмена щелочных и щелочноземельных металлов за счет оставшихся свободных карбоксильных и фенолгидроксильных групп. Емкость связывания железа в комплексно-гетерополярные соли в моделях опыта достигала 150 мг/г для гуминовых кислот и 250 мг/г для фульвокислот, для алюминия — в 2-3 раза ниже. Миграционная способность железо- и алюмогумусовых солей зависит от состава обменных катионов, замещающих водород свободных функциональных групп, степени гидратации, степени насыщенности металлом и природы гумусовых веществ. Более подвижными являются комплексно-гетерополярные соли фульвокислот и неспецифических кислот (щавелевой, уксусной, муравьиной и др.).

Адсорбционные органо-минеральные соединения. Эти соединения образуются путем сорбции гумусовых веществ на поверхности твердых частиц почвы. К ним относятся алюмо- и железогумусовые сорбционные комплексы, глино- и кремнегумусовые комплексы. Алюмо- и железогумусовые комплексы образуются путем сорбции гумусовых кислот гелями оксидов железа и алюминия. При этом образуются пленки на поверхности твердых частиц и конкреции.

Глиногумусовые комплексы образуются в процессе склеивания поверхностей гумусовых кислот и их органо-минеральных производных с поверхностями глинистых минералов. Склеивание может происходить в результате ионного обмена, хемосорбции, адгезии и др. Эти процессы играют большую роль в формировании гумусовых горизонтов, их структурного состояния и оказывают влияние практически на все свойства и режимы почв.

14.4. Процессы трансформации органических веществ в почвах. Гумусообразование

Гумусообразование — процесс формирования динамичной системы органо-минеральных соединений в профиле почв, соответствующей экологическим условиям ее функционирования. Другими словами, это процесс формирования органо-профиля почв, начинающегося с нулевой отметки почвенного профиля и заканчивающегося переходным горизонтом к почвообразующей породе. Общая схема процесса гумусообразования представлена на рис. 14.1.

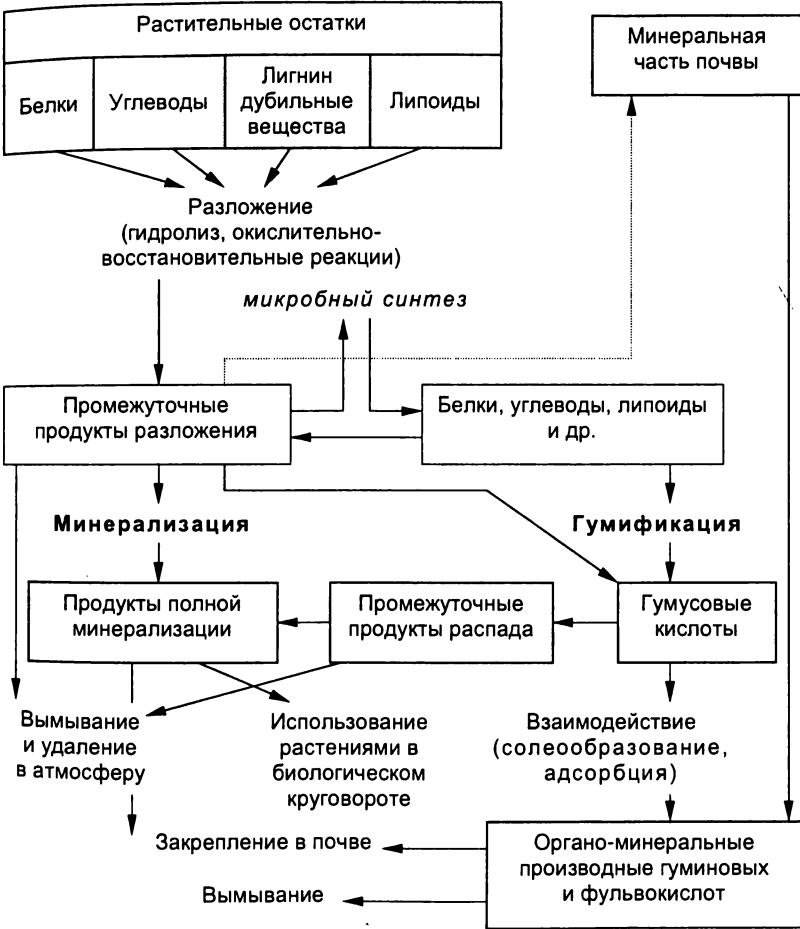


Рис. 14.1. Процесс гумусообразования в почве (Л.Н.Александрова, 1980)

Согласно этой схеме, гумусообразование включает все характерные процессы формирования и эволюции органофильных почв: разложение поступающих в почву свежих органических веществ, их минерализацию и гумификацию, минерализацию гумусовых веществ, взаимодействие органических веществ с минеральной частью почвы, миграцию и аккумуляцию органо-минеральных соединений.

Разложение (распад) поступающих в почву свежих органических веществ (процесс, предшествующий минерализации и гумификации) осуществляется микрофлорой и микрофауной при участии химических реакций гидролиза, дезаминирования, декарбоксилирования, окисления-восстановления и др. В результате этого процесса образуются промежуточные продукты разложения: аминокислоты, пуриновые и пиридиновые основания, моносахариды, олигосахариды, уроновые кислоты и другие.

Промежуточные продукты разложения частично подвергаются полной минерализации до простых солей, газов и воды, частично гумифицируются. Скорость разложения и минерализации зависит от биохимического состава источников гумуса, соотношения C : N в их составе и гидротермических условий. В течение первого года разложения минерализационные потери углерода растительных остатков составляют 30-70% от исходной массы. На поверхности почвы скорость минерализации нарастает с севера на юг от подзолистых почв к каштановым, а на глубине более 20 см закономерность обратная (Ганжара Н.Ф., 1980), что связано с особенностями гидротермических условий почв зонального ряда.

Гумификация — образование высокомолекулярных гумусовых веществ специфической природы из промежуточных продуктов распада свежих органических веществ. Существует ряд концепций гумификации, которые дополняют одна другую. Они все в той или иной степени подтверждены экспериментально.

Концепция биохимического окисления. Предложена в 30-х годах И.В.Тюриным, затем детально разрабатывалась и экспериментально подтверждена в работах Л.Н.Александровой и ее учеников. Ведущее значение, согласно этой концепции, в процессе гумификации имеют реакции медленного биохимического окисления различных высокомолекулярных веществ, имеющих циклическое строение — белков, лигнина, дубильных веществ. Основными элементарными звеньями этого процесса являются: окислительное кислотообразование, формирование азотной части молекулы, формирование и дальнейшая трансформация новообразованных гумусовых кислот (ароматизация, гидролитическое расщепление).

сорбция, конденсация), а также процессы взаимодействия с минеральной частью почвы.

Концепция биохимической конденсации и полимеризации. Основоположителем этой концепции был А.Г.Трусов. Дальнейшее развитие она получила в работах М.М.Кононовой, а ее разновидности — в работах В. Флягера, Ф.Шеффера и Б.Ульриха. В основе этой концепции лежит представление о гумификации, как о системе реакций конденсации и полимеризации мономеров, промежуточных продуктов разложения (аминокислот, фенолов, хинонов и др.). Процесс конденсации рассматривается как биохимический, с участием ферментов — полифенолксидаз, грибного и бактериального происхождения, а процесс полимеризации — как чисто химический, который происходит на заключительной стадии гумификации при взаимодействии гумусовых веществ с твердой фазой почв.

Микробиологические концепции гумификации. Согласно этим концепциям, гумусовые вещества — это продукты внутриклеточного синтеза микроорганизмов. Впервые такая гипотеза была сформулирована П.А.Костычевым, затем она получила развитие в работах С.Н.Виноградского, Ф.Ю.Гельцер, Т.Г.Мильчика, Д.Г.Звягинцева. Установлено, что внутри клеток многих грибов, стрептомицетов, целлюлозных бактерий, споровых аэробных и анаэробных бацилл образуются темные пигменты меланоидного типа, которые по составу и свойствам близки к гуминовым кислотам почв. Очевидно, что для приобретения устойчивости к разложению такие вещества должны провзаимодействовать с минеральной частью почвы.

Кинетическая теория гумификации — разработана в 70-х годах Д.С.Орловым. В основе ее лежит принцип “отбора” наиболее устойчивых органических соединений в процессе гумификации. Глубина гумификации — степень преобразования растительных остатков в гумусовые вещества — характеризуется отношением $C_{гк} : C_{фк}$. Она тесно связана с периодом биологической активности, что автор подтверждает тесной корреляционной связью глубины гумификации с длительностью периода биологической активности в почвах зонального ряда. Однако в почвах разных фаций (черноземы южно-европейской и восточносибирской фации) такой корреляции не наблюдается. Эта теория не применима и к почвам субтропических и тропических областей.

Теория обновления гумусовых веществ разработана в 70-х годах А.Д.Фокиным. Ее суть состоит в том, что продукты разложения могут не формировать целиком новую гумусовую молекулу, а

включаются за счет конденсации сначала в периферические фрагменты уже сформированных молекул, а затем — в циклические структуры. При этом периферические фрагменты обновляются в несколько раз быстрее, чем ядерные. Такой тип обновления автор назвал фрагментарным. Кроме того, методом изотопных индикаторов А.Д.Фокин показал наличие обменной молекулярной сорбции гумусовых молекул.

Количественная оценка процесса гумификации. Для количественной оценки процесса гумификации используют коэффициенты гумификации (K_g) — это часть поступающих в почву органических веществ (наземный и корневой опад, органические удобрения и др.), трансформирующаяся в гумус при полном их разложении. Обычно величина K_g рассчитывается в долях или в процентах (на сухое вещество) от годового количества поступающих в почву свежих органических веществ. Однако в течение года разлагается только часть поступающих свежих органических веществ (30–70%). Остальная масса разлагается и гумифицируется в последующие годы. Поэтому для расчета K_g используют промежуток времени, измеряемый несколькими годами или даже десятками лет, включающих ряд циклов разложения и гумификации поступающих в почву свежих органических веществ. Расчетная величина K_g , таким образом, является усредненной за ряд лет. Основная трудность определения K_g заключается в отделении новообразованного гумуса из учитываемых в опыте его источников от ранее образованного гумуса. Решение этого вопроса, в какой-то мере, возможно с помощью изотопноиндикаторного метода. Прямое определение K_g можно проводить в безгумусных субстратах (породах) при известном количестве поступающих или вносимых в почву органических веществ за определенное время. В пахотных почвах K_g определяют в длительных опытах путем учета прибавки гумуса на делянках с известными дозами органических удобрений по сравнению с исходным его содержанием в почвах контрольных делянок (без удобрений), при одинаковых культурах и агротехнике. Однако такие показатели более правильно называть коэффициентами прироста гумуса, поскольку они не учитывают количества обновляющегося гумуса. Наконец, величину K_g можно оценить по данным радиоуглеродного датирования возраста гумуса, сущность которого заключается в определении среднего времени пребывания (СВП) углерода в составе гумуса или его отдельных фракций по удельной активности распада ^{14}C . Величина, обратная СВП, соответствует доле углерода, обновляющегося в среднем за 1 год, и равна величине K_g в долях от запасов гумуса, поскольку

количество минерализующегося гумуса в зрелых почвах равно количеству разлагающегося. Зная величину ежегодного опада, несложно рассчитать Кг в долях от массы годового опада.

Точное определение Кг усложняется тем, что разные группы, фракции и даже отдельные фрагменты молекулы гумусовых веществ обладают разной устойчивостью к разложению. Длительность существования разных составных частей гумуса может различаться на порядок или даже на несколько порядков. Поэтому величина Кг может зависеть от длительности периода его определения. Разные подходы к определению Кг в значительной степени объясняют большие колебания их значений, приводимых в литературе, от 0 до 40-50% массы источников гумуса. Поэтому использование Кг для расчета баланса гумуса с целью регулирования уровня гумусированности дает большие погрешности.

Разложение и минерализация гумусовых веществ. Установлено, что гумусовые вещества подвержены процессам разложения, обновления и минерализации. Скорость этих процессов значительно ниже, по сравнению со скоростью разложения и минерализации источников гумуса. Многие исследователи объясняют высокую устойчивость гумусовых веществ к разложению особенностями строения их молекул. Однако, тот факт, что в свободном состоянии в условиях земной поверхности гумусовые кислоты в значительных количествах не накапливаются, позволяет полагать, что основной причиной устойчивости является степень прочности их связи с минеральной частью почв. Методом радиоуглеродного датирования установлено, что среднее время пребывания углерода в составе гумуса измеряется сотнями и тысячами лет. При этом скорость обновления фульвокислот выше, чем гуминовых; гумус в верхних слоях черноземов старше, чем гумус дерново-подзолистых почв. Во всех почвах более интенсивно обновление гумуса происходит в верхней части почвенного профиля, где значительно выше биологическая активность.

Способность разлагать гумусовые вещества установлена для многих почвенных организмов — грибов, актиномицетов, бактерий. С.Н.Виноградский делил микрофлору почв на две группы:

- зимогенную, привносимую с растительной массой и разлагающую ее;
- автохтонную, собственно почвенную, разлагающую гумусовые вещества.

Для оценки скорости минерализации гумуса используется коэффициент минерализации (Кмг) — количество минерализующегося гумуса в год, выраженное в долях или процентах от общих

запасов. При определении Кмг возникают такие же проблемы, как и при определении Кг. Цикличность данного процесса, разновозрастность различных групп и фракций гумуса, постоянная минерализация источников гумуса осложняют экспериментальное определение Кмг. Тем не менее, существует ряд способов примерной оценки скорости минерализации гумуса.

1. Определение Кмг изотопноиндикаторным методом. Меченые по углероду или азоту источники гумуса вносят в почву, в последующем определяя включения их в гумус и минерализационные потери.

2. Определение Кмг по данным радиоуглеродного датирования возраста гумуса. Этот способ аналогичен описанному выше, при рассмотрении методов определения Кг.

3. Определение Кмг в условиях длительных стационарных опытов. Зная запасы гумуса в вариантах длительно парующих делянок, в начале и в конце опыта рассчитывают среднегодовые потери гумуса, принимая их за Кмг. При этом не учитывается новообразованный гумус, источником которого может быть почвенная биота. Кроме того, в парующих делянках минерализация может иметь другую интенсивность, по сравнению с делянками под сельскохозяйственными культурами. Следует также иметь в виду, что в парующих делянках наибольшая интенсивность минерализации происходит в первые годы опыта с последующим замедлением. Это связано с тем, что в первые годы происходят потери менее устойчивых фракций гумуса. Через десятки лет состояние гумуса в парующих делянках может приближаться к квази-равновесному. Поэтому на величину Кмг, определенную таким способом, оказывает влияние длительность наблюдений.

4. Определение Кмг по эмиссии CO_2 . При определении Кмг таким способом производится учет выделяющегося углекислого газа, который образуется при разложении и минерализации органических, в том числе гумусовых, веществ. Метод имеет те же недостатки, что и предыдущий.

5. Определение Кмг по выносу азота с урожаем. Установлено, что 50-60% азота, используемого растениями, является почвенным. Остальные 40-50% азота поступают в урожай из удобрений. Таким образом, зная величину урожая и содержание в нем азота, рассчитывают количество минерализовавшегося гумуса. Этот способ определения Кмг так же обладает рядом существенных недостатков. Почвенный азот представлен не только азотом гумуса, но и, прежде всего, азотом легкоразлагаемых органических веществ, в том числе растительных остатков. Трудно поддаются учету такие

статьи прихода в почву азота, как фиксация свободноживущими микроорганизмами (несимбиотическая азотфиксация), атмосферные осадки. Все это вызывает большие погрешности при определении Кмг этим способом.

Величины Кмг, определенные разными методами, варьируют в очень широких пределах, от сотых долей процентов до 1-2% в год, что в пересчете на массу составляет от десятков и сотен кг до 3-4 т/га. Очевидна непригодность использования Кмг для расчета баланса гумуса в практических целях.

14.5. Гумусовое состояние почв зонального ряда

Географические закономерности гумусообразования наиболее детально были разработаны И.В.Тюриным. Впоследствии они уточнялись в работах М.М.Кононовой, В.В.Пономаревой, Ф.Дюшофура и др. исследователей.

Мощность гумусового горизонта, содержание и запасы гумуса закономерно изменяются в почвах зонального ряда. Наибольшие значения перечисленных показателей характерны для черноземов типичных лесостепной зоны. Мощность гумусового горизонта в них может достигать 1,5 м, содержание гумуса до 15% (табл. 14.1). К северу и югу от зоны распространения черноземов типичных мощность гумусового горизонта, содержание и запасы гумуса постепенно снижаются до минимальных значений.

Параллельно общему содержанию гумуса изменяется относительное содержание гуминовых кислот. Больше всего их в черноземах. К северу и югу от черноземов их содержание постепенно снижается. Изменение содержания фульвокислот менее закономерно, но в целом противоположно содержанию гуминовых кислот. Содержание нерастворимого остатка составляет 30-40% от общего содержания гумуса и слабо варьирует по типам почв. Характерным для каждого типа почв является отношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот, которое также наибольшее в черноземах (около 2 и более), постепенно снижается к подзолистым, бурым пустынно-степным почвам.

По этому отношению выделяются (Д.С.Орлов и Л.А.Гришина) следующие типы гумуса: гуматный — более 2, фульватно-гуматный — 1-2, гуматно-фульватный — 0,5-1, фульватный — менее 0,5.

В составе гуминовых кислот доля свободных и связанных с подвижными формами полуторных оксидов от подзолистых почв

14.1. Гумусовое состояние зонального ряда для гумусового и пахотного слоя суглинистых почв Европейской части России (усредненные литературные данные)

Почвы	Мощность гумусового горизонта, см	В целинных почвах			В освоенных почвах			В целинных и пахотных почвах		
		Гумус, %	Запасы т/га в слое, см		Гумус, %	Запасы т/га в слое, см		C _{ГК}	C _{ФК}	C _{ГК} /C _{ФК}
			0-20	0-100		0-20	0-100			
Подзолистые	до 5	3,0	30	50	1,5	45	60	15	25	0,6
Дерново-подзолистые	10-15	4,0	50	90	2,5	60	100	20	25	0,8
Светло-серые лесные	10-15	5,0	60	100	2,5	65	105	23	25	0,9
Серые лесные	15-20	6,0	110	140	3,0	80	110	30	23	1,3
Темно-серые лесные	20-45	7,0	160	210	4,5	100	160	36	22	1,6
Черноземы оподзоленные и выщелоченные	50-80	8,0	180	400	5,5	130	340	40	20	2,0
Черноземы типичные	60-100	10,0	210	600	7,0	175	530	40	18	2,2
Черноземы обыкновенные	60-80	7,0	165	400	6,0	140	360	39	19	2,1
Черноземы южные	40-60	5,0	130	260	4,0	100	230	35	20	1,8
Темно-каштановые	40-45	4,5	110	150	3,5	85	140	30	22	1,4
Каштановые	30-40	3,5	70	100	3,0	60	90	25	23	1,1
Светло-каштановые	20-30	2,5	50	70	2,0	45	65	23	25	0,9
Бурая пустынно-степная	12-20	1,0	25	45	1,0	25	45	18	26	0,7
Красноземы (Грузия)	20-30	5,0	130	160	3,0	80	110	20	30	0,7

к почвам аридных регионов снижается от 90–100% до 10% и менее, а с кальцием, наоборот, возрастает в том же диапазоне. В почвах влажных и переменнo-влажных тропических и субтропических областей содержание гумуса повышается на 3-4% с преобладанием в его составе, как правило, фульвокислот.

Ф.Дюшофур (1970) выделяет главные типы гумуса на основании морфологических различий, степени трансформации органических веществ и их связи с минеральной частью почвы.

Гумус, образовавшийся в условиях аэрации:

Мор — (грубый гумус) содержит много детрита, формируется при низкой биологической активности в условиях кислой и сильнокислой реакции среды (пример — гумус подзолистых почв).

Модер — формируется в условиях кислой реакции среды при средней биологической активности, имеет слабое сцепление с минеральной частью почв (пример — гумус дерново-подзолистых почв).

Мюль — формируется при высокой биологической активности, в условиях нейтральной и щелочной реакции среды, имеет сильную связь с минеральной частью почвы (пример — гумус черноземов).

В условиях временного избыточного увлажнения выделяется анмоор (дерново-глеевые почвы), а при водозастойном типе водного режима — олиготрофный (верховые болота) и мезотрофный (низинные болота) торф.

14.6. Факторы и условия гумусообразования

Первая систематизация факторов, определяющих содержание, запасы и состав гумуса в почвах, была сделана В.В.Докучаевым в монографии “Русский чернозем”. При установлении границ черноземной зоны за мощность почвы принимал он мощность гумусового слоя. Сопоставление почв, имеющих разную мощность гумусового слоя, содержание и состав гумуса, позволило В.В.Докучаеву сформулировать учение о факторах почвообразования. В дальнейшем факторы и условия гумусообразования были детально рассмотрены в работах П.А.Костычева, И.В.Тюрина, М.М.Коновой, В.В.Пономаревой, Л.Н.Александровой, Л.А.Гришиной, Г. Иенни, С.Ваксмана, Ф.Дюшофура и др.

Ведущими факторами и условиями гумусообразования являются: количество, состав и характер поступления в почву источников гумуса, гидротермический режим, окислительно-восстановительные условия, биологическая активность, гранулометричес-

кий, минералогический, химический состав и физико-химические свойства почв.

Количество, состав и характер поступления источников гумуса. Количество ежегодного опада в различных природных зонах колеблется от нескольких центнеров на га в тундрах и пустынях до 10-15 т/га в луговых степях лесостепной зоны и до 25 и более т/га сухого вещества во влажных тропических лесах. В агроценозах количество послеуборочных остатков составляет 1-2 т/га под пропашными культурами, 2-3 т/га — под зерновыми, 5-8 т/га под многолетними травами. Чем больше поступает источников гумуса, тем больше образуется гумуса в почвах, при прочих равных условиях.

Ведущими показателями состава источников гумуса, с точки зрения влияния на гумусообразование, является содержание в них оснований, азота (отношение C : N) и легкоразлагаемых веществ. Накоплению гумуса способствуют повышенное содержание оснований и азота и легкоразлагаемых органических веществ (белков и других азотсодержащих компонентов). Повышенное содержание лигнина и целлюлозы снижает интенсивность гумификации.

Поступление источников гумуса непосредственно в почву, в отличие от поверхностного, улучшает условия взаимодействия продуктов гумификации с твердой фазой почв и снижает интенсивность их минерализации.

Гидротермические условия. Условия температуры и влажности определяют интенсивность и направленность биологических, биохимических процессов и скорость химических взаимодействий. Гумификацию сдерживают как избыточная влажность, так и недостаточная. Избыточная влажность в условиях водозастойного режима обуславливает консервацию органических веществ на различных стадиях разложения в виде перегнойных или торфяных горизонтов в полугидроморфных и гидроморфных почвах. Оптимальными являются контрастные условия увлажнения, когда влажные периоды чередуются с сухими. Во влажные периоды усиливаются процессы разложения и гумификации, а в сухие — происходит закрепление продуктов гумификации твердой фазой почвы.

Пониженные температуры ограничивают интенсивность процессов разложения и гумификации, повышенные — значительно усиливают минерализацию. Оптимальными являются умеренные температуры.

Физико-химические свойства и окислительно-восстановительные условия. Физико-химические свойства определяют реакцию среды и сорбционные свойства. Оптимальными для гумификации являются нейтральная и близкая к нейтральной реакция

среды, обусловленная повышенной концентрацией катионов кальция и магния. Такая реакция, в сочетании с оптимальными окислительно-восстановительными условиями и гидротермическим режимом, обуславливает умеренную биологическую активность. Близкая к нейтральной реакция среды оптимальна для процессов конденсации, образования устойчивых органо-минеральных соединений.

Биологическая активность. Пониженная биологическая активность сдерживает процессы гумификации на начальной стадии — детритификации, конечным продуктом которой является детрит (грубый гумус).

Высокая биологическая активность резко усиливает процессы минерализации, в том числе новообразованных гумусовых веществ. Оптимальной является умеренная биологическая активность.

Гранулометрический состав. Гранулометрический состав оказывает влияние на гидротермические и окислительно-восстановительные условия, определяет общую и удельную поверхность и обуславливает прочность связи гумусовых кислот с минеральной частью почв. Чем тяжелее гранулометрический состав, тем благоприятнее условия для закрепления гумуса. Обычно, глинистые почвы накапливают в несколько раз больше гумуса по сравнению с песчаными и супесчаными.

Минералогический состав обуславливает физико-химические и сорбционные свойства почв. Накоплению гумуса способствуют вторичные тонкодисперсные минералы с высокими емкостью поглощения, общей и удельной поверхностью (монтмориллонит, вермикулит, хлорит и др.). Первичные минералы (грубодисперсные) обладают низкой удельной поверхностью, низкой поглотительной способностью и не способствуют накоплению гумуса в почвах.

Химический состав, наряду с минералогическим, обуславливает физико-химические свойства почв. Наличие карбонатов кальция и магния, а также повышенное содержание кальция и магния в составе первичных и вторичных минералов, способствует накоплению гумуса. Кальций и магний связывают гуминовые кислоты в труднорастворимые и недоступные микроорганизмам формы. Они оказывают влияние на биологическую активность и на прочность связывания гумусовых веществ твердой фазой почвы.

Многообразие факторов и условий гумусообразования на поверхности приводят к формированию почв с различными содержанием, запасами в профиле почв и составом гумусовых веществ. В агроэкосистемах на природные факторы и условия накладываются антропогенные факторы, которые будут рассмотрены ниже.

Концептуальная модель гумусообразования. Разработана в 80-х годах Н.Ф.Ганжарой. В основу концептуальной модели положены представления И.В.Тюрина, М.М.Кононовой, Ф.Дюшофура о географических факторах, условиях и закономерностях гумусообразования. Согласно этой концепции выделяются две стадии гумификации: 1) образование гумусовых веществ при разложении источников гумуса — стадия детритификации и 2) взаимодействие гумусовых веществ с минеральной частью почвы и образование устойчивых органо-минеральных соединений. Соответственно следует различать условия образования гумусовых веществ и условия закрепления образующегося гумуса. Последние оказывают решающее влияние на его накопление и состав. Предложенная модель включает схему функциональных связей гумусообразования (рис 14.2) и группировку условий образования и закрепления гуминовых кислот и гумуса в целом. Приоритет гуминовых кислот в данном вопросе обусловлен тем,

Блок условий образования, взаимодействия и трансформации органических веществ и органо-минеральных производных

Водный, воздушный, тепловой режимы, реакция среды, окислительно-восстановительные условия

Блок легкоразлагаемых органических веществ

Источники гумуса и детрит

Блок, формирующий систему органо-минеральных производных и их устойчивость к минерализации и выщелачиванию

Механический, химический, минералогический состав, ППК, содержание и состав гумуса

Блок почвенной биоты

Микрофлора, микрофауна, мезофауна, ферменты

Рис. 14.2 Схема функциональных связей гумусообразования (Ганжара Н.Ф., 1988)

что условия, благоприятные для их накопления, как правило, благоприятны для накопления гумуса в целом, что впервые было установлено И.В.Тюриным.

Принципиальное отличие данной схемы функциональных связей заключается в выделении отдельного блока источников гумуса и детрита. Для этого блока характерна первая стадия гумификации — детритификация. Конечным продуктом в этом блоке являются новообразованные гумусовые вещества с определенным составом, обусловленным условиями образования гумуса. В составе детрита содержится также весь спектр органических соединений неспецифической природы, которые могут подвергаться процессам гумификации, минерализации, взаимодействия с минеральной частью и последующей трансформации.

Для образования гуминовых кислот в составе детрита оптимальными являются:

- нейтральная или близкая к нейтральной реакция среды;
- умеренная биологическая активность и длительный ее период;
- насыщенность среды кальцием, магнием и азотом;
- благоприятный биохимический состав источников гумуса (оптимальное отношение углерода к азоту, содержание легкоразлагаемых веществ).

Для прочного закрепления и накопления гуминовых кислот в почвах оптимальны следующие условия:

- наличие свободной от гумуса поверхности минеральной части почв;
- высокие сорбционные свойства (общая и удельная поверхность, степень дисперсности, минералогический состав и др.);
- насыщенность ППК кальцием и магнием (наличие их избытка для связывания гуминовых кислот);
- контрастность режима влажности при непромывном и периодически промывном режиме;
- отсутствие пептизаторов.

Согласно схеме функциональных связей все условия, влияющие на образование гуминовых кислот в составе детрита, оказывают влияние на условия закрепления гумуса и наоборот.

При сочетании оптимальных условий для образования и закрепления гуминовых кислот в процессе гумусообразования повышаются коэффициенты гумификации, что обуславливает накопление гуминовых кислот и гумуса в целом. Резкое отклонение от оптимальных любого из перечисленных факторов лимитирует на-

копление гуминовых кислот и гумуса. При отсутствии в почвах благоприятных условий для образования гуминовых кислот, но наличии их для закрепления фульвокислот, может накапливаться фульватный гумус. Для закрепления фульвокислот в почвах необходимо присутствие химически активных форм соединений железа в концентрациях, обеспечивающих их осаждение в условиях кислой реакции среды. Накопление фульвокислот происходит также во всех случаях совместно с накоплением гуминовых кислот. В качестве примера почв с высоким накоплением фульватного гумуса можно привести гумусно-иллювиальные горизонты подзолистых почв, красноземы субтропиков и др.

Предложенная модель позволяет положительно описывать не только гумусовое состояние всех зональных климаксно-равновесных почв и их отдельных горизонтов, но и его изменение, связанное с сельскохозяйственным использованием.

14.7. Особенности условий гумусообразования и состояния органического вещества пахотных почв

Все изменения условий гумусообразования, связанные с освоением почв под пашню, можно свести к общепланетарным, характерным для всех почвенных зон, и к местным, региональным, обусловленным особенностями использования и свойствами почв отдельных регионов.

К общепланетарным изменениям условий гумусообразования относятся следующие:

- изменение количества и состава источников гумуса;
- изменение водного режима;
- постоянное отчуждение азота, углерода и зольных элементов с урожаем сельскохозяйственных культур;
- действие минеральных удобрений.

К региональным изменениям условий гумусообразования относятся такие, которые связаны с особенностями зональных (региональных) систем земледелия: орошение, осушение, химические мелиорации, эрозионные потери гумуса и другие.

На преобладающих площадях пахотных почв основным источником гумуса являются корневые и пожнивные (послеуборочные) остатки. Количество их определяется видом культуры и ее урожайностью.

Послеуборочные остатки зерновых культур составляют 2,0-3,5 т/га, пропашных 0,5-1,5 т/га, многолетних трав 4-8 т/га. В среднем в полевых севооборотах масса послеуборочных остатков составляет 3-4 т/га. В последние годы появились материалы о прижизненном опадении растений в виде корневых волосков и корневых выделений, которые, как правило, не учитываются. Недостаточно сведений о биомассе микроорганизмов. По приближенным оценкам она может составлять 1-3 т/га сухого вещества. И все же естественный опад в целинных почвах существенно превышает количество послеуборочных остатков в пахотных почвах. В растительных остатках культурных растений зольные элементы составляют 5-10%. Отношение С : N в составе растительных остатков варьирует от 12-15 у бобовых культур до 30-50 у злаковых.

Органические удобрения — второй по значению (в количественном отношении) источник гумуса в пахотных почвах. В отличие от растительных остатков в навозе и торфяных компостах до 50% их массы составляют готовые гумусовые вещества. Органические удобрения, как правило, характеризуются узким отношением С : N (ниже 20-25). Оптимальная доза органических удобрений составляет 15-40 т/га в год (4-10 т/га сухого вещества) в зависимости от культуры. Однако фактически вносится значительно меньше.

Влияние обработок почвы на условия гумусообразования проявляется разносторонне. В результате механических обработок происходит равномерное распределение массы органических удобрений и послеуборочных остатков в пределах пахотного слоя, что положительно сказывается на гумификации: улучшается аэрация, возрастает скорость разложения как источников гумуса, так и самого гумуса. Снижение содержания гумуса и ухудшение структурного состояния почв — негативные последствия интенсивных обработок.

Влияние минеральных удобрений на гумусовое состояние почв может быть прямым и косвенным. Прямое проявляется в изменении условий гумификации (реакция среды, пептизация гумусовых веществ, воздействие на почвенную биоту и ферментативную активность); косвенное — через посредство растений. При внесении минеральных удобрений увеличивается урожай и количество послеуборочных остатков, что приводит к увеличению содержания гумуса. Однако очень высокие дозы минеральных удобрений могут приводить к угнетению почвенной биоты, ухудшению физических свойств почв и условий гумусообразования.

Отчуждение с урожаем сельскохозяйственных культур азота, углерода и зольных элементов вызывает некоторый сдвиг равновесного состояния. В связи с этим невольно возникает вопрос о

возможности достижения равновесного гумусового состояния в пахотных почвах.

Анализ результатов длительных опытов (рис 14.3) показывает, что гумусовое состояние пахотных почв с постоянной в течение длительного времени (десятки лет) системой земледелия приближается к квази-равновесному. Источником азота для каждого последующего урожая, наряду с послеуборочными остатками, является несимбиотическая фиксация его свободноживущими микроорганизмами и атмосферные осадки.

Степень изменения гумусового состояния пахотных почв зависит от того, насколько сильно изменились условия гумусообразования. Как правило, при освоении целинных почв под пашню происходит снижение содержания гумуса из-за уменьшения количества источников гумуса и усиления минерализации. Наиболее резкое снижение происходит в первые 10-20 лет после распашки. В этот период минерализуются наименее устойчивые группы гумусовых веществ. В дальнейшем устанавливается новый, более низкий, уровень содержания гумуса, соответствующий новым условиям гумусообразования. При внесении органических удобрений содержание гумуса повышается до уровня соответствующего дозе внесения органических удобрений, при этом соответственно изменяются запасы и состав гумуса. Чем больше вносится органических удобрений, тем более высокий уровень стабилизации содержания и запасов гумуса устанавливается в почве. Таким же образом устанавливаются уровни стабилизации содержания, запасов и качественного состава гумуса при изменении других факторов и условий гумусообразования. На рис. 14.3 четко различаются уровни стабилизации содержания гумуса в почвах зарубежных длительных опытов; в вариантах 0 — без удобрений, NPK — минеральные удобрения, навоз — органические удобрения.

14.8. Роль органических веществ в почвообразовании, плодородии почв и питании растений

Роль органических веществ в почвообразовании очень многосторонняя. Значительная часть элементарных почвенных процессов (ЭПП) происходит с участием гумусовых веществ. К ним относятся биогенно-аккумулятивные, элювиальные, иллювиально-аккумулятивные, метаморфические и другие. Процессы взаимодействия органических веществ с минеральной частью почв де-

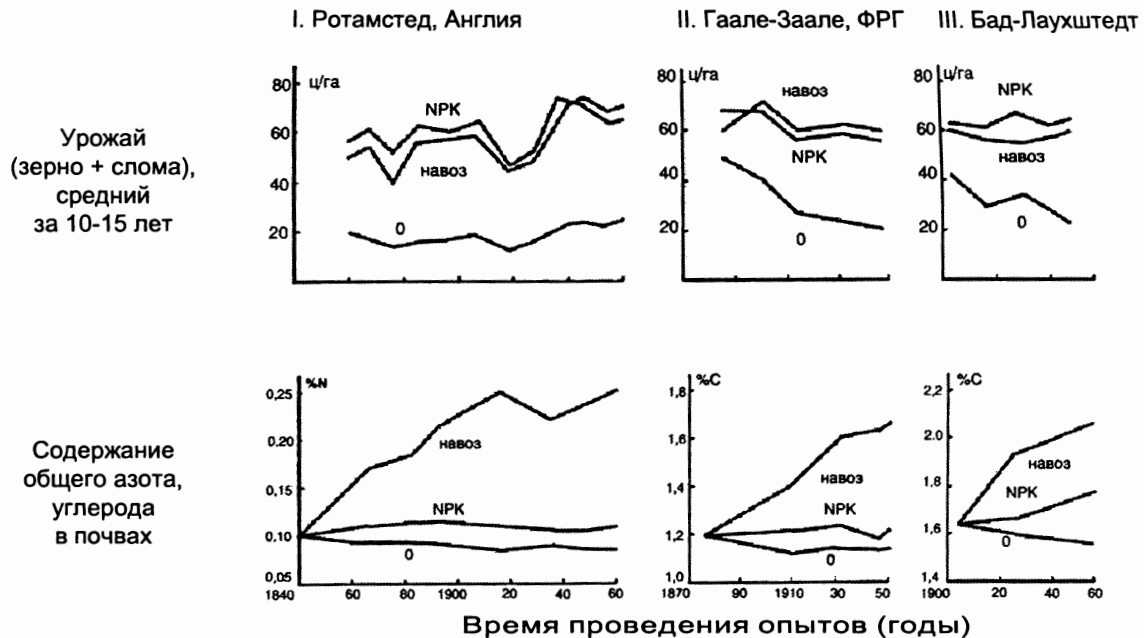


Рис. 14.3. Содержание гумуса и урожай в длительных зарубежных опытах с удобрениями (Н. Oberlander, 1979)

жат в основе почвообразования. Состав и свойства почв, в том числе агрономические, являются результатом этих процессов.

Режим органических веществ, их содержание, запасы и состав входят в число главных показателей почвенного плодородия. В то же время они оказывают влияние практически на все агрономические свойства и режимы почв.

Органическое вещество является источником азота и зольных элементов питания для растений. В нем содержится 98% валового азота, с ним связано 40-60% фосфора, 80-90% — серы, значительные количества кальция, магния, калия и других макро- и микроэлементов. Часть этих элементов находится в поглощенном состоянии и усваивается растениями в результате ионно-обменных реакций. Другая часть высвобождается и становится доступной для растений после минерализации органических веществ. Количественные соотношения между этими источниками элементов питания требуют дальнейших исследований. Установлено, что около 50% потребности в азоте культурные растения получают за счет почвенного органического вещества, прежде всего легкоразлагаемого, остальные 50% — за счет минеральных удобрений. Роль отдельных фракций органических веществ в питании растений не одинакова и определяется их способностью к минерализации. Так, для собственно гумусовых веществ она составляет сотые и даже тысячные доли процента в год от общих запасов, для свежих органических веществ — десятки процентов от ежегодно поступающего количества; для промежуточных продуктов разложения — единицы и десятки процентов от их запасов. Органические вещества обеспечивают сбалансированное питание растений; элементы питания поступают в растения в соотношениях, необходимых для их нормального роста и развития.

Органическое вещество оптимизирует физико-химические свойства почв.

Поглотительная способность органических коллоидов значительно выше, чем минеральных, и достигает 1000 и более мг-экв на 100 г препарата гумусовых веществ. Более гумусированные почвы обладают более высокой буферностью по отношению к кислотно-основным воздействиям, окислению-восстановлению и действию токсикантов. Поглощенные органическими и органоминеральными коллоидами катионы являются доступными для растений и активно участвуют в их питании.

Органическое вещество оказывает существенное влияние на структурное состояние, физические, водно-физические и физико-механические свойства почв. С увеличением гумусированности

снижается плотность, увеличивается общая пористость, улучшается структура почвы, повышается водопрочность структурных агрегатов; увеличивается влагоемкость и водоудерживающая способность, водопроницаемость, диапазон активной влаги, гигроскопическая влажность; становятся более оптимальными физико-механические свойства почв: липкость, пластичность, твердость, удельное сопротивление.

Гумус придает почве более темную окраску, что способствует поглощению тепла.

Органическое вещество играет ведущую роль в биологическом режиме почв. Источники гумуса и детрит поддерживают в почвах определенный уровень биологической активности; собственно гумусовые вещества способствуют сохранению микроорганизмов в почвах и создают комфортные условия для их функционирования. Повышенная биологическая активность почв способствует снижению численности патогенных микроорганизмов, ускоряет микробиологическую деградацию пестицидов.

В составе органических веществ содержатся физиологически активные вещества, ускоряющие рост и развитие растений.

Наиболее резкие изменения свойств почв происходят при повышении содержания гумуса до такого уровня, при котором качественно различаются минеральные горизонты и гумусовые, что составляет, примерно, 1-2% массы почвы. При дальнейшем его увеличении это влияние становится слабее и проявляется в виде тенденции (таблицы 14.2, 14.3).

Связь гумуса с урожаем сельскохозяйственных культур в литературе освещается неоднозначно. Приводится много данных о тесной корреляционной связи содержания гумуса с урожаем. Однако эти связи не позволяют раскрыть причинно-следственные. Дело в том, что содержание гумуса и урожай могут находиться в тесной корреляционной связи, они зависят от одних и тех же факторов и имеют одинаковую направленность изменений. Такими факторами могут быть физико-химические свойства почв, химизм грунтовых вод и степень увлажнения, механический состав почв, дозы органических удобрений и др. Например, с повышением доз органических удобрений повышается содержание гумуса и урожай. Но за счет чего растет урожай — за счет увеличения содержания гумуса или внесения навоза? На этот вопрос корреляционный анализ ответа не дает. Отождествление корреляционных связей с причинно-следственными привело к известной абсолютизации в нашей стране роли гумуса в формировании урожая. Очень часто в литературе приводились данные о том, что повы-

14.2. Содержание гумуса, физико-химические и агрохимические свойства почв (Н.Ф. Ганжара, Б.А. Борисов, 1997)

Вариант по содержанию гумуса, %	Емкость поглощения катионов	Сумма обменных оснований	Гидролитическая кислотность	рН водной суспензии	Обменный калий, по Масловой	Подвижные фосфаты, по Чирикову	Азот нитратов
	мг-экв на 100 г почвы				мг-экв на 100 г почвы		
Дерново-подзолистая							
1,6	18,3	15,9	2,4	5,2	6,8	12	0,7
1,9	20,3	16,4	3,9	5,2	10,9	24	0,7
2,5	20,7	17,5	3,2	5,4	18,6	36	0,9
3,1	21,0	18,4	2,6	5,4	17,9	35	1,1
НСР ₀₅	1,0	2,4	недост.	недост.	1,9	6,0	—
Чернозем выщелоченный							
3,5	37,3	31,5	5,8	6,1	14	12	0,6
4,5	38,9	32,6	6,3	5,9	13	13	0,9
5,5	43,3	35,7	7,6	6,0	16	17	1,0
НСР ₀₅	3,3	1,3	недост.	1,6	11,6	недост.	—

14.3. Содержание гумуса, физические и водно-физические свойства почв (Н.Ф. Ганжара, Б.А. Борисов, 1997)

Вариант по содержанию гумуса, %	Общая удельная поверхность, кв. м/г	Плотность твердой фазы, г/м ³	Плотность, г/м ³	Общая пористость, %	Полевая влажность, %	Капиллярная влагоемкость, %	Максимальная гигроскопическая влажность, %
Дерново-подзолистая							
1,6	94,9	2,81	1,29	54,9	14,5	23,1	5,0
1,9	101,4	2,74	1,23	55,1	14,5	22,9	5,1
2,5	104,5	2,75	1,22	55,6	14,9	23,8	4,8
3,1	112,5	2,71	1,17	56,8	14,4	22,3	4,7
НСР ₀₅	5,2	недост.	0,04	недост.	недост.	недост.	недост.
Чернозем выщелоченный							
3,5	212,5	2,60	0,96	63,1	18,0	32,7	9,2
4,5	220,6	2,60	1,02	60,8	18,8	32,1	9,0
5,5	226,6	2,55	0,98	61,6	19,6	33,4	8,8
НСР ₀₅	7,9	недост.	недост.	недост.	недост.	недост.	недост.

шение содержания гумуса на 1% вызывает увеличение урожая зерновых на 10 центнеров с гектара. Такое действие гумуса сопоставимо с эффективностью органических удобрений, хотя свойства их различаются очень существенно. Более информативными для выявления связи между содержанием гумуса и урожайностью являются длительные опыты с органическими удобрениями. Они позволяют вычленить и оценить раздельное влияние гумуса и органических удобрений на урожай. Анализ таких опытов (рис 14.3) показывает, что содержание гумуса при внесении навоза существенно увеличилось во всех опытах на 1% и более, а урожай при этом не увеличился, остался таким, как и в начале опытов, при исходном содержании гумуса. В то же время существенные различия в урожае на контрольных и унаваживаемых участках в течение всего времени проведения опытов говорят о высокой эффективности органических удобрений.

В специальных опытах (Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., 1990) влияние содержания гумуса на урожай проявлялось только в вариантах без минеральных удобрений.

При внесении минерального удобрения достоверных различий урожая на дерново-подзолистых и черноземных почвах с разным содержанием гумуса не установлено. Абсолютизация роли гумуса в формировании урожая привела к появлению в литературе выводов о существенном росте эффективности средних доз минеральных удобрений при увеличении уровня гумусированности. Такие выводы противоречат теории лимитирующих факторов. В почвах с низким содержанием гумуса содержится меньше азота и других элементов питания, и они являются лимитирующим фактором. Вполне логична более высокая эффективность минеральных удобрений на менее гумусированных почвах, которая подтверждена экспериментально на эродированных почвах и в упоминавшихся выше специальных опытах.

14.9. Способы прогноза и оптимизации состояния органического вещества в пахотных почвах

В настоящее время широкое распространение получили методики расчета баланса гумуса для практических целей. На основании этих расчетов в производстве ставится задача поддержания бездефицитного или положительного баланса гумуса. В методиках предусмотрено определение количества послеуборочных остатков

и используется, так называемые, “принятые” коэффициенты гумификации (Кг) источников гумуса и коэффициенты минерализации гумуса (Кмг). Выше рассматривались методические вопросы определения этих коэффициентов. Использование подобных коэффициентов вызывает ошибку в расчетах, значительно превышающую (на 100% и более) сальдо баланса, что позволяет сделать вывод о непригодности методов расчета баланса гумуса для практических целей. Их принятие основывается на приближенных оценках прихода и расхода гумуса. Не корректна постановка задачи достижения *бездефицитного и положительного* баланса гумуса. Данные результаты длительных опытов (рис 14.3) убедительно показывают, что во всех вариантах опытов, даже под монокультурой зерновых, баланс гумуса со временем становится бездефицитным и поддерживается за счет послеуборочных остатков и, частично, за счет поступления веществ с атмосферными осадками. Для обеспечения положительного баланса гумуса необходимо внесение постоянно возрастающих норм органических удобрений (для сдвига квази-равновесного состояния), что вряд ли всегда целесообразно. При постоянной, даже высокой, норме органических удобрений положительный баланс со временем сменяется бездефицитным. Поэтому, исходя из вышеизложенных положений, более корректно ставить задачу достижения определенного уровня гумусированности.

Для целей прогноза более перспективным является выявление уровней стабилизации содержания и запасов гумуса на основе анализа результатов длительных опытов (Ганжара Н.Ф., 1988). При этом целесообразно рассчитывать предельную величину накопления гумуса из единицы его источников. Например, в длительном опыте, в варианте, где среднегодовая норма органических удобрений составила 16 т/га (4 т/га сухого вещества), содержание гумуса стабилизировалось на уровне 4%, запасы в пахотном слое — 120 т/га; в контрольном варианте, где органические удобрения не вносились, но выращивались те же культуры, уровень стабилизации содержания гумуса составил 3%, запасы в пахотном слое — 90 т/га. Таким образом, среднегодовое поступление 4 т/га сухого вещества органических удобрений обеспечивает предельный прирост гумуса на 1%, или 30 т/га в пахотном слое, предельная величина накопления гумуса при внесении одной тонны органических удобрений составила 7,5 т/га в пахотном слое.

К настоящему времени недостаточно разработаны критерии оптимизации гумусового состояния почв. В научной литературе у различных авторов приводится очень широкий диапазон опти-

мальных параметров содержания гумуса — от 1,3 до 6% в дерново-подзолистых почвах и от 3,3 до 7% — в черноземах. Как правило, представленные показатели не имеют экспериментальных обоснований. В последние годы многие исследователи пришли к мнению, что в качестве оптимального содержания следует принимать не единичную и константную величину, а определенный интервал. За нижний предел этого интервала принимается показатель, несколько превышающий критическую величину содержания гумуса, верхний — определяется экономической и экологической целесообразностью повышения гумусированности. Показатели оптимальных параметров должны находиться в соответствии с требованиями отдельных культур или групп культур. Под критическим содержанием гумуса понимается такое, ниже которого существенно ухудшаются агрономические свойства почв и их способность противостоять агрогенным нагрузкам. При критическом содержании гумуса такие показатели как плотность, структурное состояние, физико-механические свойства приближаются к свойствам почвообразующих пород. Это наблюдается при содержании гумуса ниже 1% для дерново-подзолистых суглинистых почв и менее 2% для почв черноземного типа. Исследования и практический опыт свидетельствует о возможности получения высоких урожаев при содержании гумуса, ненамного превышающем эти показатели, при условии достаточного содержания в составе почв легкоразлагаемых органических веществ.

Исследованиями Ганжары Н.Ф. и Борисова Б.А. (1997) установлено, что оптимальное содержание легкоразлагаемых органических веществ составляет 0,4-1,2%, или 12-36 т/га в пахотном слое. При таком содержании в составе ЛОВ содержится достаточно азота, чтобы обеспечить получение 50% урожая. Остальные 50% урожая должны формироваться за счет азота из минеральных удобрений.

Снижение уровня гумусированности ниже критических показателей возможно под действием эрозионных процессов. Биологические потери гумуса от процессов минерализации приводят к сильной выпаханности почв, но не достигают критических показателей. Напомним, что выпахивание — это деструктивный элементарный почвенный процесс, в результате которого снижается уровень плодородия пахотных почв (снижение гумусированности, обесструктурирование, переуплотнение) из-за их использования при низком уровне поступления источников гумуса. Для количественной оценки степени выпаханности предложен показатель (Ганжара Н.Ф., 1988), характеризующий относительное содержа-

ние углерода ЛОВ, выраженное в % к общему содержанию углерода гумуса. Почвы с высокой степенью выпханности нуждаются в первоочередном внесении органических удобрений.

В таблице 14.4 приводится ориентировочное количество органических удобрений, требующихся для поддержания содержания ЛОВ на оптимальном уровне в дерново-подзолистых почвах.

Таким образом, на преобладающих площадях пахотных угодий России необходимо ставить задачу не повышения уровня гумусированности, а оптимизации содержания и состава легкоразлагаемого органического вещества, обеспечивающего уровень эффективного плодородия почв. На эродированных почвах, а также в специализированных севооборотах при выращивании овощей, картофеля, в плодово-ягодных питомниках и в ряде других случаев может стоять задача повышения уровня гумусированности почв.

Как оптимизация содержания ЛОВ, так и повышение уровня гумусированности осуществляются одинаковыми приемами. Это достигается, прежде всего, за счет научно-обоснованных норм внесения и качества органических удобрений, оптимизации севооборотов с целью увеличения послеуборочных остатков, травосеяния,

14.4. Ориентировочное количество сухого вещества органических удобрений, необходимое для оптимального уровня содержания легкоразлагаемых органических веществ в дерново-подзолистых суглинистых почвах (Ганжара Н.Ф., 1993)

Структура посевных площадей, %			Среднегодовое количество сухого органического вещества, т/га
Зерновые	Пропашные	Многолетние травы	
60-90	10-40	0	2,0-2,5
		10	1,5-2,0
		20	1,0-1,5
		30	0
40-60	30-60	0	2,5-3,0
		10	2,0-2,5
		20	1,5-2,0
		30	1,0-1,5
10-40	50-90	40	0
		0	3,0-3,5
		10	2,5-3,0
		20	2,0-2,5
		30	1,5-2,0
		40	1,0-1,5

минимизации обработок, посевов сидеральных и пожнивных культур. В ряде случаев для снижения плотности тяжелых почв и улучшения водно-воздушного режима вместо повышения уровня гумусированности целесообразно использовать мелиоративные дозы рыхлителей в виде торфа, компостов, соломенной резки, агрономическая эффективность которых соизмерима с повышением уровня гумусированности, а экономическая — существенно выше. В этом отношении заслуживает внимание опыт приготовления тепличных грунтов, в которых оптимальное содержание органического вещества составляет 20-30% общей массы и достигается внесением древесной коры, соломенной резки, торфа и др. материалов. Повышение сорбционных свойств легких почв может достигаться внесением сапропеля, низинного торфа и различных компостов. Следует также иметь в виду, что повышение уровня гумусированности очень дорогостоящее мероприятие. Установлено (Ганжара Н.Ф., 1988), что для повышения уровня гумусированности на 1% необходимо увеличить среднегодовую норму органических удобрений на 3-4 т/га (сухого вещества), то есть практически удвоить рекомендуемую в настоящее время норму их внесения.

Глава 15. Поглотительная способность и физико-химические свойства почв

Основы учения о физико-химических свойствах почв были разработаны в трудах К.К.Гедройца, Г.Вагнера, С.Матсона, Е.Н.Гапона и в более поздних работах И.Н.Антипова-Каратаева, Б.П.Никольского, Н.П.Ремезова, Н.И.Горбунова, С.Н.Алешина и других учёных. Физико-химические свойства почв являются предметом изучения физической и коллоидной химии. Они обусловлены составом и свойствами почвенных коллоидов и их взаимодействием с почвенными растворами.

15.1. Виды поглотительной способности почв

К.К.Гедройц выделил пять видов поглотительной способности почв: механическую, физическую, физико-химическую, химическую и биологическую.

Механическая поглотительная способность — это свойство

почвы поглощать твёрдые частицы, поступающие с водой или воздухом, размеры которых превышают размеры почвенных пор. В данном случае почву можно рассматривать как набор сит с отверстиями разного размера.

Физическая поглощительная способность (молекулярная адсорбция) — это свойство почвы изменять концентрацию молекул различных веществ на поверхности твёрдых частиц за счёт физического взаимодействия молекул. При этом изменяется величина поверхности и поверхностная энергия. Вследствие стремления дисперсной системы к уменьшению поверхностной энергии происходит концентрация раствора органических кислот, спиртов, высокомолекулярных органических соединений и др. на границе дисперсной фазы и дисперсной среды, то есть положительная физическая адсорбция этих соединений. Многие минеральные кислоты, соли (в том числе нитраты и хлориды), щелочи, некоторые органические соединения повышают поверхностное натяжение воды, отталкиваются от твердых частиц и испытывают отрицательную физическую адсорбцию. Они слабо удерживаются в почве и могут вымываться за пределы почвенного профиля. Физической адсорбции подвергаются пары и газы почвенного воздуха, особенно азот и углекислый газ.

Химическая поглощительная способность (хемосорбция) обусловлена образованием труднорастворимых соединений, выпадающих в осадок из почвенного раствора. Например, сорбция фосфатов на поверхности гидроксидов железа и алюминия в почвах с кислой реакцией среды, образование труднорастворимых фосфатов кальция в почвах с нейтральной и слабощелочной реакцией среды, комплексообразовательная сорбция — образование алюмо- и железогумусовых комплексов, глинисто-гумусовых комплексов и др.

Биологическая поглощительная способность обусловлена поглощением элементов питания и кислорода почвенного воздуха корнями растений и микроорганизмами. Она характеризуется большой избирательностью поглощения. При этом может возникнуть конкуренция между растениями и микроорганизмами. Например, при внесении в почву соломы зерновых, в которой низкое содержание азота, разлагающие солому микроорганизмы активно используют почвенный азот и вызывают резкий его недостаток для растений.

Физико-химическая поглощительная способность почв обусловлена наличием в их составе почвенного поглощающего комплекса (ППК), представленного почвенными коллоидами. ППК

обладает способностью поглощать и обменивать катионы и анионы, находящиеся на поверхности коллоидных частиц, на эквивалентное количество ионов почвенного раствора. Физико-химическая поглотительная способность обуславливает физико-химические свойства почв, такие как кислотность, щелочность, буферная способность, которые в значительной степени определяют агрономические свойства и почвенное плодородие.

15.2 Почвенный поглощающий комплекс (ППК)

Поглотительной способностью обладают коллоиды (частицы размером 0,2-0,001 мкм) и предколлоидная фракция (частицы размером 0,2-1 мкм). Характерной особенностью этих частиц является наличие большой удельной поверхности (до 50 м²/г), которая определяет их высокую химическую активность. Почвенные коллоиды образуются в процессе почвообразования двумя путями: в результате дробления крупных частиц и путём соединения молекул в более крупные частицы.

По составу коллоиды подразделяются на минеральные (глинистые минералы, гидроксиды железа алюминия, кремния и др.), органические (гуминовые и фульвокислоты, белки, полисахариды и органо-минеральные глинисто-гумусовые комплексы, алюмо- и железогумусовые сорбционные комплексы). Минеральные коллоиды подразделяются на кристаллические (глинистые минералы) и аморфные (гидраты оксидов железа, алюминия и кремния). Коллоидная мицелла состоит из ядра (рис. 15.1), слоя потенциалопределяющих ионов, неподвижного и диффузионного слоя компенсирующих ионов.

Ионы диффузного слоя способны обмениваться с ионами интермицеллярного (почвенного) раствора, обуславливая физико-химическую поглотительную способность. Коллоидная мицелла электронейтральна, но поскольку основная масса принадлежит грануле, заряд последней рассматривается как заряд всего коллоида. В почве преобладают коллоиды, несущие отрицательный заряд и диссоциирующие в раствор Н-ионы. Такие коллоиды обладают кислотными свойствами и называются ацидоидами (гумусовые кислоты, глинистые минералы, кремнекислота). Кроме того в почвах присутствуют коллоиды, обладающие основными свойствами и диссоциирующие в раствор ОН-ионы, и коллоиды с переменным зарядом. К последним относятся гидроксиды железа и алюминия, протеины, у которых заряд зависит от реакции по-

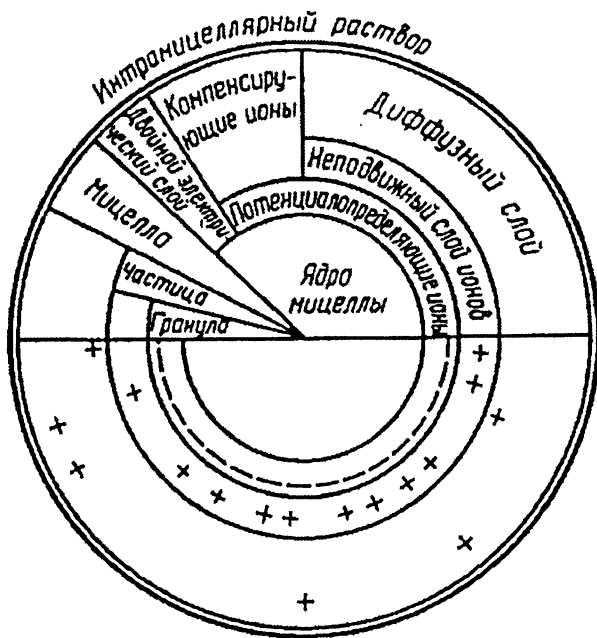


Рис.15.1. Схема строения коллоидной мицеллы (по Н.И.Горбунову)

членного раствора. В кислой среде они ведут себя как базоиды, а в щелочной — как ацидоиды.

По степени сродства к воде различают гидрофильные (удерживают повышенное количество воды) и гидрофобные — связывают небольшое количество воды. К гидрофильным коллоидам относятся минералы монтмориллонитовой группы, гумусовые кислоты, гидроксид кремния; к гидрофобным — гидроксиды железа и алюминия, минералы группы каолинита и некоторые др. Чем больше в почве гидрофильных коллоидов, тем в большей степени она набухает (увеличивает объем) при увлажнении.

15.3. Физическое состояние почвенных коллоидов

Коллоиды в почве могут находиться в форме геля (в осажденном состоянии) и в форме золя (в виде суспензии). Под действием различных факторов, влияющих на величину заряда, со-

стояние коллоидов может изменяться — гель может переходить в золь и наоборот.

Увеличение степени дисперсности коллоидов и переход из геля в золь называется пептизацией. Пептизация гелей происходит в результате следующих причин, связанных с изменением электрического потенциала и степени гидратации: увеличение щелочности среды; уменьшение концентрации легкорастворимых солей; замена двух- и трехвалентных катионов на одновалентные катионы калия, натрия, аммония.

Уменьшение степени дисперсности и переход коллоидов из золя в гель (из суспензии в осадок) называется коагуляцией.

Коагуляция происходит при изменении электрокинетического потенциала частиц и за счёт дегидратации. Изменение электрокинетического потенциала может происходить при добавлении электролитов (кислоты, щёлочи, соли). Наименьшей коагулирующей способностью обладают соли одновалентных катионов (калия и натрия), более высокой — двухвалентных (кальция и магния) и наибольшей — трехвалентных (железа и алюминия).

Коагуляция за счёт дегидратации происходит при высушивании, нагревании и замораживании коллоидов. Наконец, коагуляция может происходить при взаимодействии отрицательно заряженных частиц (например, гумусовых кислот) и положительно заряженных (гидроксидов железа и алюминия). Коагуляция может быть обратимой (гель может вновь переходить в золь) и необратимой. Чем сильнее коагулирующая способность веществ и процессов, её обуславливающих, тем больше вероятность необратимости коагуляции. Процессы необратимой коагуляции и старения коллоидов играют большую роль в образовании гумусовых и иллювиальных горизонтов, в формировании водопрочных структурных агрегатов, в накоплении продуктов почвообразования в почвенном профиле.

Часть коллоидов в почве находится в свободном состоянии, другая часть образует плёнки на поверхности более крупных частиц ила и пыли путём адгезии (склеивания).

15.4. Обменное поглощение катионов

Обменным поглощением (обменной сорбцией) катионов называется способность катионов диффузного слоя коллоидов обмениваться на эквивалентное количество катионов почвенного раствора. В обменном состоянии в почвах обычно находятся Ca^{2+} ,

Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , H^+ , Al^{3+} , NH_4^+ , в незначительных количествах — Fe^{2+} , Mn^{2+} , а также Li^+ , Sr^+ и др.

Энергия поглощения (относительное количество поглощения катионов почвами при одинаковой их концентрации) определяется валентностью иона, радиусом негидратированного иона, атомной массой иона.

Общее количество всех поглощённых (обменных) катионов называется емкостью катионного обмена (ЕКО), которая выражается в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы. Состав поглощённых катионов в почвах зонального ряда (табл. 15.1) определяется условиями почвообразования и, прежде всего, водным режимом.

Для почв экстрагумидных и гумидных областей с коэффициентом увлажнения (K_u) > 1 в составе ППК основную роль играют катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ , Al^{3+} ; для семигумидных с $K_u < 1$ — Ca^{2+} , Mg^{2+} и для почв аридных областей с $K_u < 0,5$ — Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , иногда с существенным участием K^+ .

Емкость катионного обмена (ЕКО) колеблется от нескольких мг-экв/100 г почвы в экстрагумидных и экстрааридных областях.

15.1. Физико-химические свойства пахотного слоя почв

Почвы	ЕКО	Обменные катионы			Степень насыщен. основаниями V, %	pH_{H_2O}	pH_{KCl}
		$Ca^{2+}+Mg^{2+}$ (S)	H^++Al^{3+} (Hr)	Na^+ , % к ЕКО			
мг-экв/100 г							
Дерново-подзолистые суглинистые	15-25	10-15	5-10	—	60-70	4,0-6,0	3,0-5,5
Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные	3-6	2-4	1-2	—	50-70	5,0-6,0	4,0-5,0
Серые лесные	20-30	16-26	2-5	—	70-85	5,5-6,5	5,0-6,0
Черноземы выщелоченные и оподзоленные	25-40	18-35	5-7	—	80-90	6,0-6,5	6,0-6,5
Черноземы типичные	40-70	37-75	3-5	—	90	6,8-7,0	
Черноземы обыкновенные и южные	25-50	25-50	—	0,1-15	100	7,0-7,3	
Каштановые	20-35	20-35	—	1-15	100	7,1-7,5	
Бурые пустынно-степные	10-20	10-20	—	1-15	100	7,3-8,0	
Солонцы	15-25	15-25	—	15-60	100	8,0-10,0	
Красноземы	15-25	10-15	5-10	—	50-70	4,5-5,5	4,0-4,5

тях до 50-70 мг-экв/100 г почвы в чернозёмах семигумидных (полувлажных) областей. Зональные показатели ЕКО прежде всего связаны с содержанием гумуса (наибольшее в черноземах, оно постепенно понижается к северу и югу от зоны их распространения). Кроме того ЕКО сильно зависит от гранулометрического состава (чем тяжелее, тем выше ЕКО), от минералогического и химического состава почв (ЕКО глинистых минералов варьирует от 5мг-экв. до 100-150 мг-экв/100 г). Наконец, ЕКО тесно связано с величиной рН. С ростом рН возрастает ионизация функциональных групп ацидоидов, снижается положительный заряд базоидов и возрастает ЕКО.

Необменное поглощение катионов происходит в слое потенциалопределяющих ионов. Такие катионы после взаимодействия с ППК не переходят в раствор при обработке почвы раствором нейтральных солей. Необменное поглощение катионов определяется как их видом, так и составом почвенных коллоидов. В практическом отношении заслуживают большого внимания процессы необменного поглощения элементов питания, в частности ионов калия и аммония. Установлена возможность перехода катионов в системе: катионы почвенного раствора — обменные — необменные — катионы кристаллических решёток минералов. В таком же порядке снижается доступность катионов для растений.

15.5. Поглощение почвами анионов

Сорбция анионов в почвах определяется их свойствами, зарядом и свойствами ППК. По способности к поглощению анионы располагаются в следующий ряд: $\text{Cl}^- < \text{NO}_3^- < \text{SO}_4^{2-} < \text{PO}_4^{3-} < \text{SiO}_4^{4-} < \text{OH}^-$.

Анионы Cl^- и NO_3^- практически не поглощаются почвами, их соли характеризуются отрицательной физической адсорбцией. Этим объясняется их быстрое вымывание из почвы. Сульфат-ион образует с кальцием труднорастворимое соединение (хемосорбция). С агрономической точки зрения, большое значение имеют процессы поглощения фосфат-ионов, поскольку в результате этих процессов снижается доступность фосфора для растений, в том числе и фосфора удобрений.

Известны следующие виды поглощения почвой фосфат-ионов.

1. Обменная сорбция фосфат-ионов на положительно заряженных коллоидах или участках коллоидной мицеллы.

2. Хемосорбция фосфат-ионов гидроксидами железа и алюминия на внешней поверхности коллоида.

3. Необменное поглощение фосфат-ионов на внешней и внутренней поверхности глинистых минералов. Сорбция значительно возрастает с увеличением степени дисперсности минерала.

4. Образование слаборастворимых фосфатов (хемосорбция) при взаимодействии с солями почвенного раствора (фосфаты кальция, фосфаты железа).

5. Поглощение фосфат-ионов при взаимодействии с минералами-солями: гипсом, кальцитом, доломитом и др.

6. Поглощение фосфат-ионов путём механического захвата — окклюдирования аморфным кремнезёмом.

7. Образование фосфатов кальция при взаимодействии с гуматами кальция.

Процессы поглощения фосфат-ионов носят сложный характер. В почвах зонального ряда поглощение фосфат-ионов ослабевает от подзолистых почв к чернозёмам и резко усиливается в краснозёмах и желтозёмах влажных субтропиков.

15.6. Кислотность почв, её виды

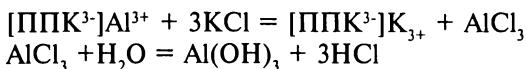
Кислотность почвы обусловлена наличием в ней органических и минеральных кислот и коллоидов, обладающих кислотными свойствами. Различают актуальную (активную) и потенциальную (скрытую) виды кислотности.

Актуальная кислотность обусловлена наличием ионов H^+ и активностью водорода (протонов) в почвенном растворе. Измеряется она величиной рН водной вытяжки или водной суспензии (pH_{H_2O}) при соотношении почва — вода 1 : 2,5. В разных почвах показатель актуальной кислотности колеблется от 3 до 7.

Потенциальная кислотность обусловлена (в основном) наличием ионов водорода и алюминия в поглощённом состоянии в составе ППК. Она подразделяется на обменную и гидролитическую.

Обменная кислотность обусловлена количеством ионов водорода и алюминия, находящихся в обменном состоянии в составе ППК, которые извлекаются из почвы раствором нейтральной соли. Обычно для определения обменной кислотности почв используют 1н. раствор КСl (рН около 6). Измеряется обменная кислотность величиной рН солевой вытяжки (pH_{KCl}). При взаимодействии почвы с раствором КСl в результате обмена калия на водо-

род в растворе появляется соляная кислота, а при обмене на алюминий — хлорид алюминия. Хлорид алюминия — это соль слабого основания и сильной кислоты, которая при взаимодействии с водой образует гидроксид алюминия и соляную кислоту:



Образующуюся в растворе соляную кислоту можно оттитровать щёлочью и выражать кислотность в мг-экв/100 г или измерять рН солевой вытяжки. Показатель рН_{KCl} колеблется в разных почвах от 2,5 до 6,5. В почвах, насыщенных основаниями, обменная кислотность не определяется.

Гидролитическая кислотность (Нг) обусловлена количеством ионов водорода и алюминия, находящихся в обменном (частично в необменном) состоянии в ППК, которые извлекаются из ППК раствором гидролитически щелочной соли сильного основания и слабой кислоты (обычно используется 1н. раствор ацетата натрия CH_3COONa с рН 8,2). При взаимодействии щелочного раствора ацетата натрия с ППК происходит более полное вытеснение ионов водорода и алюминия натрием, чем при определении обменной кислотности с нейтральной солью, а в растворе образуется уксусная кислота, которая оттитровывается щёлочью. Количество образующейся уксусной кислоты, определяемое титрованием или потенциометрически, характеризует гидролитическую кислотность почв, которая выражается в мг-экв/100 г абсолютно сухой почвы.

Гидролитическая кислотность является суммарной, учитывающей обменную и актуальную. Показатели гидролитической кислотности используются в расчётах дозы извести, необходимой для нейтрализации кислотности освоенных почв.

Показатели состояния ППК почв, ненасыщенных основаниями. В состав поглощенных катионов почв, ненасыщенных основаниями, входят преимущественно катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ и Al^{3+} . Сумма катионов кальция и магния характеризуется показателем S, который называется *суммой поглощённых оснований* и выражается в мг-экв/100 г. Сумма поглощённых катионов водорода и алюминия характеризуется показателем гидролитической кислотности Нг, которая также выражается в мг-экв/100 г. Общее количество поглощённых катионов ЕКО можно определить как $S + \text{Нг}$ (аналитически ЕКО можно определить и отдельно специальным методом). Для характеристики доли участия катионов кальция и магния в составе катионов используется показатель степени насы-

ценности основаниями — V , который выражается в % к ЕКО.

$$V\% = \frac{S}{EKO} \cdot 100 = \frac{S}{S + H_r} \cdot 100$$

15.7. Агроэкологическая оценка и способы оптимизации физико-химических свойств почв, ненасыщенных основаниями

Физико-химические свойства почв часто называют агрохимическими. Поглощённые катионы являются доступными для растений, при этом они не вымываются вместе с атмосферными осадками и поэтому всегда почва в запасе имеет элементы питания: катионы кальция, магния, калия, аммония, железа, цинка, меди и др. Чем выше ЕКО, тем лучше почва обеспечена элементами питания.

Ёмкость катионного обмена характеризует устойчивость почв к агрогенным и техногенным нагрузкам, в частности, к химическому загрязнению.

Наиболее низкие ЕКО, менее 10 и даже 5 мг-экв/100 г, имеют супесчаные и песчаные почвы. Повышение ЕКО в таких почвах возможно за счет внесения повышенных норм торфа, компостов, а также приёмов глинования.

Состав поглощённых катионов определяет не только физико-химические и агрохимические свойства почв, но и структурное состояние и зависящие от него водно-физические свойства и воздушный режим. Катионы кальция и магния способствуют формированию водоустойчивых агрегатов, водорода и алюминия — распылению структурных отдельностей и кислотному разрушению минералов. Кислая реакция почв оказывает негативное влияние на условия питания растений. При кислой реакции в почве недостаточно катионов кальция, магния, молибдена и др. элементов, в то же время проявляется токсичное влияние катионов водорода и, особенно, алюминия и марганца. При этом нарушается питание растений фосфором и азотом, кислая среда подавляет деятельность полезной микрофлоры. угнетающе действует на процессы аммонификации и нитрификации. Для большинства культурных растений оптимальной является нейтральная и близкая к нейтральной реакция почвенного раствора (рН 6-7). Только для незначительного числа культурных растений оптимальной является кислая среда (рН 4,5-6). К ним относится чайный куст, картофель, люпин и некоторые другие.

Для оптимизации реакции среды кислых почв проводят химическую мелиорацию — известкование. При внесении извести кальций замещает водород в ППК и нейтрализует свободные органические и минеральные кислоты почвенного раствора. Существует несколько способов расчёта норм извести: по гидролитической кислотности, по обменной кислотности, по сдвигу рН при внесении CaCO_3 , по буферной способности почвы. Наибольшее распространение получил метод расчёта по гидролитической кислотности, основанный на том, что для нейтрализации 1 мг-экв ионов H^+ /100 г требуется 50 мг CaCO_3 . Потребность в известковании можно определить по степени насыщенности основаниями. При V более 80% почвы не нуждаются в известковании, при V менее 50% потребность высокая; в промежутке — средняя и слабая.

При определении дозы извести по обменной кислотности (табл.15.2) учитывается гранулометрический состав и содержание гумуса. Почвы тяжёлого гранулометрического состава и более гумусированные требуют более высокую дозу извести, поскольку обладают повышенной буферностью к сдвигу рН.

Уменьшению кислотности способствует систематическое применение навоза и компостов. Повышают почвенную кислотность физиологически кислые минеральные удобрения.

15.2. Дозы извести в зависимости от pH_{KCl} и гранулометрического состава, т/га CaCO_3

Гранулометрический состав	pH_{KCl}					
	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4-5,5
Песчаный	2,5	2,1	1,6	1,3	1,0	0,7-0,5
Супесчаный	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,2-1,0
Легкосуглинистый	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0
Среднесуглинистый	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0
Тяжелосуглинистый	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5
Глинистый	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5

15.8. Щёлочность почв, её виды, способы снижения

Различают актуальную (активную) и потенциальную щёлочность почв.

Актуальная щёлочность обусловлена наличием в почвенном растворе гидролитически щелочных солей (Na_2CO_3 , NaHCO_3 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$), при диссоциации которых образуется гидроксильный ион. Различают общую щёлочность от нормаль-

ных карбонатов и от гидрокарбонатов, по граничным значениям рН.

Потенциальная щелочность обусловлена наличием в ППК обменного натрия, который может вытесняться водородом углекислоты, а образующаяся в почвенном растворе сода подщелачивает его.

Щелочность почв принято оценивать только по значениям актуальной щелочности, которую определяют в водной вытяжке или суспензии потенциометрически, при этом она выражается в единицах рН. В водной вытяжке актуальная щелочность определяется так же титрованием кислотой с различными индикаторами: общая щёлочность по метиловому оранжевому; щёлочность от нормальных карбонатов — в присутствии фенолфталеина. Выражаются они в мг-экв/100 г почвы.

По величине рН различают слабощелочные почвы (рН 7,0-7,5), щелочные (рН 7,5-8,5) и сильнощелочные (рН 8,5 и выше). Щелочность снижает плодородие почв в большей степени, чем кислотность. Почвы со щелочной реакцией среды (солонцы и солонцеватые почвы) характеризуются неудовлетворительными водно-физическими свойствами из-за пептизации коллоидов. Они бесструктурны, после дождей на поверхности образуется плотная корка. Урожай растений на почвах со щелочной реакцией среды резко снижается. Для снижения щёлочности применяют химические мелиорации — гипсование или кислование (внесение гипса, отходов серно- и азотнокислотного производства, сульфата железа, пиритных огарков, серы и других мелиорантов). Сущностью химических мелиораций является замена обменного натрия на кальций или водород мелиорантов. Соли натрия из почвенного раствора удаляются путём промывки.

15.9. Буферность почв

Буферностью называется способность почвы противостоять изменению реакции почвенного раствора под воздействием кислотных и щелочных агентов. Она определяется: по отношению к кислотам — титрованием растворами кислот; по отношению к щелочам — растворами едких щелочей; по отношению к соде — растворами соды.

Буферность почвы зависит от количества и состава высокодисперсных частиц (ила и коллоидов). Она увеличивается с

утяжелением гранулометрического состава, с увеличением содержания гумуса, высокоемкостных минералов, ёмкости поглощения.

Почвы, ненасыщенные основаниями, имеющие в составе ППК обменные катионы водорода и алюминия (подзолистые, красноземы), обладают повышенной буферностью к подщелачиванию и пониженной к подкислению. Почвы, насыщенные основаниями (чернозёмы, каштановые, солонцы), обладают повышенной буферностью к подкислению и пониженной к подщелачиванию.

Буферность почв определяется также наличием в почвах простых солей (карбонаты, гипс, сульфаты и др.), которые могут взаимодействовать с растворами и ослаблять сдвиг реакции. Буферность почв имеет большое агроэкологическое значение, она определяет устойчивость почв к агрогенным и техногенным воздействиям.

Глава 16. Почвенный раствор и окислительно-восстановительные процессы в почвах

16.1. Почвенные растворы

Почвенный раствор представляет собой жидкую фазу почв, которая формируется путем взаимодействия атмосферных осадков, поверхностного стока и грунтовых вод (при неглубоком залегании последних) с твёрдой, газообразной и живой фазами.

Почвенный раствор содержит минеральные, органические и органо-минеральные вещества в ионной, молекулярной, коллоидной форме и иногда в виде взвесей. Он также содержит растворенные газы: кислород, углекислый газ, аммиак. Количество почвенного раствора зависит от влажности почвы и колеблется в широких пределах — от долей и единиц до десятков процентов в минеральных почвах, до сотен процентов в торфяных.

Для выделения почвенных растворов используют различные методы:

- отпрессовывание, вытеснение жидкостями или газами, центрифугирование;

- улавливание почвенных растворов специальными приёмниками разных конструкций (лизиметрический метод);
- метод водных вытяжек (наиболее часто применяется соотношение почва — вода 1:5);
- стационарный метод изучения почвенных растворов в естественном состоянии с помощью специальных приборов (наиболее часто применяются ионометрические методы с использованием специальных электродов для измерения рН, Eh, концентрации целого ряда катионов и анионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , NO_3^- и др.).

Каждый из этих методов обладает определёнными преимуществами и недостатками, которые обсуждаются в специальной литературе.

По данным К.К. Гедройца, коллоиды составляют от $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{10}$ общего количества веществ почвенного раствора. В почвенных растворах преобладают катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , всегда присутствуют K^+ , NH_4^+ , H^+ , в почвах с кислой реакцией среды — Al^{3+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} . Из анионов преобладают CO_3^{2-} , Cl^- , SO_4^{2-} ; присутствуют NO_3^- , NO_2^- , H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} . Железо, алюминий содержатся, в основном, в виде устойчивых комплексов с органическими веществами. Минерализация почвенных растворов невелика и в разных типах почв колеблется, возрастая с севера на юг, от десятков мг в подзолистых до нескольких граммов вещества на литр в черноземах и каштановых почвах, в засоленных почвах минерализация резко повышается до десятков и даже сотен граммов на литр.

Содержание органических веществ в почвенных растворах измеряется десятками и сотнями мг/л, повышенные концентрации их наблюдаются в подзолистых и болотных почвах таёжно-лесной зоны. Органические вещества представлены в основном фульвокислотами и простыми органическим кислотами. Наиболее высокие концентрации органических веществ характерны для верхних горизонтов — лесной подстилки и гумусовых.

Реакция среды почвенных растворов (актуальная кислотность и щелочность) изменяется от кислой и слабокислой в подзолистых почвах северной и средней тайги, нейтральной в зонах чернозёмных почв до слабощелочной и местами щелочной в почвах аридных областей. Это связано с закономерными изменениями водного режима в почвах зонального ряда. При избытке влаги в почвах таёжно-лесной зоны основания и, прежде всего, щелочные металлы вымываются за пределы почвенного профиля, при непромывном водной режиме, в чернозёмах в пределах почвенного профиля всегда присутствуют карбонаты кальция и магния, а в

почвах аридных областей — водорастворимые соли и обменный натрий ППК обуславливают щелочную реакцию почвенного раствора. Наиболее высокая щелочная реакция обусловлена содовым засолением, в меньшей степени хлоридным и затем сульфатным.

С концентрацией и степенью диссоциации водорастворимых солей тесно связано осмотическое давление почвенного раствора. Оно наиболее высокое у засоленных почв. Если осмотическое давление равно или выше осмотического давления клеточного сока растений, то прекращается поступление воды в растения, и они погибают. Это является основной причиной бесплодия засоленных почв. Существует выраженная динамика концентрации почвенных растворов (годовая, сезонная, суточная), связанная с изменением влажности и температуры.

Агроэкологические функции почвенных растворов заключаются в следующем.

1. Почвенные растворы играют ключевую роль в процессах почвообразования. Именно они являются центром взаимодействия твёрдой, жидкой и газообразной фаз. Г.И.Высоцкий сравнивал роль почвенных растворов с ролью крови в живых организмах.

2. Осуществляют вертикальные и латеральные транспортные потоки веществ и играют главную роль в элювиально-иллювиальных процессах.

3. Являются источником всех элементов питания. Недостаток или избыток тех или иных элементов приводит к снижению урожая и заболеваниям культурных растений. Существует ряд методов диагностики питания на основе анализа почвенного раствора, особенно для тепличных культур.

4. Создают условия для роста и развития растений: реакцию среды, осмотическое давление, окислительно-восстановительные условия и др.

16.2. Окислительно-восстановительные процессы в почвах

Окислительно-восстановительные реакции протекают во всех почвах и являются одними из ведущих в процессах почвообразования. Большой вклад в изучение окислительно-восстановительных процессов почв внесли С.П.Ярков, И.П.Сердобольский, И.С.Кауричев, Д.С.Орлов, В.И.Савич и др. Реакции окисления

всегда сопровождаются реакциями восстановления и протекают сопряженно. Окисление рассматривается как присоединение кислорода к веществу, или потеря веществом водорода, или отдача электрона. Реакции восстановления — как противоположные явления потере кислорода, присоединение водорода или электрона. Способность почвы вступать в окислительно-восстановительные реакции измеряется окислительно-восстановительным потенциалом. Окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) — разность потенциалов, возникающая между почвенным раствором и электродом из инертного металла (платины). Измеряется ОВП при помощи потенциометра. ОВП по отношению к водороду обозначается символом Eh, измеряется в милливольтгах.

Окисленные и восстановленные формы соединений образуют окислительно-восстановительные системы, представленные набором пар элементов с переменной валентностью: $\text{Fe}^{3+} - \text{Fe}^{2+}$; $\text{Mn}^{4+} - \text{Mn}^{3+} - \text{Mn}^{2+}$; $\text{NO}_3^- - \text{NO}_2^-$; $\text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{S}$; $\text{H}_2 - 2\text{H}^+$ и др., а также органическими системами. Преобладающие в количественном отношении окисленные и восстановленные формы носят название потенциалопределяющей системы. От неё в основном зависит величина Eh.

Основным окислителем в почве является молекулярный кислород почвенного воздуха и почвенного раствора. Основными восстановителями — продукты анаэробного распада органического вещества и жизнедеятельности микроорганизмов. Микроорганизмы в процессе жизнедеятельности поглощают кислород почвенного воздуха и содержащийся в составе органических веществ и переводят минеральные соединения железа, марганца и др. в восстановленные формы. Поэтому большая часть окислительно-восстановительных реакций в почвах имеет биохимическую природу. Главными условиями, определяющими интенсивность и направленность окислительно-восстановительных процессов в почвах, является состояние увлажнения и аэрации почв, содержание кислорода в почвенном растворе, содержание легкоразлагаемого вещества и температура почвы.

Величина Eh в подзолистых и дерново-подзолистых почвах нормального увлажнения составляет 450-600 мВ, в серых лесных, чернозёмах и каштановых почвах — 500-650. Наиболее низкие значения Eh (ниже 200 мВ) характерны для болотных почв. Снижение Eh ниже 350-450 мВ свидетельствует о начале смены окислительных условий на восстановительные, а до значения 200 мВ и ниже — об интенсивном развитии восстановительных процессов с

типичными признаками глеевого процесса.

Величина Eh зависит от pH раствора. Как правило, в кислой среде окисление идёт при более высоких значениях Eh по сравнению со щелочными условиями. Для получения сравнимых данных в средах с различной величиной pH У.М.Кларк предложил использовать показатель водородного потенциала rH_2 :

$$rH_2 = \frac{Eh}{29} + 2pH$$

При rH_2 выше 27 преобладают окислительные процессы, при 22-25 — восстановительные и при rH_2 ниже 20 происходят интенсивные восстановительные процессы.

Для характеристики окислительно-восстановительных условий введены понятия окислительно-восстановительной ёмкости (максимальное количество окислителя (восстановителя), которое может быть связано почвой) и окислительно-восстановительной буферности (способность почв противостоять изменению ОВП). Более высокой окислительно-восстановительной ёмкостью и буферностью обладают чернозёмные почвы (по сравнению с дерново-подзолистыми).

Окислительно-восстановительный режим почв — это соотношение окислительно-восстановительных процессов в почвенном профиле в годичном цикле. И.С.Кауричев и Д.С.Орлов предложили выделять следующие типы окислительно-восстановительного режима:

- почвы с абсолютным господством окислительных процессов — автоморфные почвы семигумидных — экстрааридных областей (чернозёмы, каштановые и др.);
- почвы с преобладанием окислительных процессов — автоморфные почвы гумидных и экстрагумидных областей (подзолистые, краснозёмы и др.);
- почвы с контрастным окислительно-восстановительным режимом — полугидроморфные (глееватые и глеевые) почвы различных областей;
- почвы с устойчивым восстановительным режимом — болотные (гидроморфные).

Агроэкологическое значение окислительно-восстановительных условий определяется большой ролью их в процессах почвообразования и в плодородии почв. В условиях восстановительной обстановки в почвах протекает глеевый процесс, при этом увеличивается подвижность многих соединений, в том числе железа, марганца, фосфора; почвы приобретают сизую (восстановленное

железо) окраску с ржавыми (охристыми) пятнами (окисленное железо) по трещинам и ходам корней. Почва теряет структуру, подвижные соединения железа и марганца достигают токсичных концентраций. В почвах, обогащённых органическим веществом, усиливаются процессы денитрификации и происходит образование сероводорода. В условиях промывного водного режима с восстановительной обстановкой проявляется элювиально-глеевый процесс.

Господство резкоокислительной обстановки с Eh порядка 700 мВ приводит к снижению подвижности и недоступности растениям железа, марганца и, частично, азота. Оптимальные значения Eh для большинства культур находятся в области 400-600 мВ.

Регулирование окислительно-восстановительных условий производится путём оптимизации водного и воздушного режимов мелиоративными и агротехническими мероприятиями.

Глава 17. Структура, общие физические и физико-механические свойства почв

Общие физические, физико-механические, структура, а также водные, воздушные и тепловые свойства относятся к физическим свойствам почвы. Они определяют условия обеспечения растений водой, воздухом и теплом, а также технологические свойства почв. Большой вклад в изучение физических свойств почв внесли П.А.Костычев, А.Г.Дояренко, В.Р.Вильямс, Н.А.Качинский, И.Н.Антипов-Каратаев, А.Ф.Лебедев, А.Ф.Тюлин, А.А.Роде, С.И.Долгов, И.И.Ревут и другие учёные.

17.1. Структура почвы и ее агроэкологическая оценка

Совокупность агрегатов различной величины, формы и качественного состава называется структурой почвы. Способность почвы распадаться на агрегаты называется структурностью. Структура — важнейшая агрономическая характеристика почв. От неё зависят общие физические, физико-механические, водные, воздушные и тепловые свойства почв, окислительно-восстановительные условия и другие свойства и режимы почв.

Распределение структурных агрегатов в массе почвы в соответствии с их размерами называется структурным составом почвы.

Агроэкологическая оценка структуры почвы. Наиболее агрономически ценными (оптимальными) для культурных растений являются мезоагрегаты размером 0,25-10 мм, обладающие высокой пористостью (более 45%), механической прочностью и водопропрочностью. Механическая прочность и водопропрочность обуславливают их устойчивость во времени при механических обработках, выпадении осадков и орошении. Агрегаты крупнее 10 мм называются макроагрегатами, а мельче 0,25 мм — микроагрегатами.

Хорошо оструктуренной считается почва, если она содержит более 55% водопропрочных пористых агрегатов размером 0,25-10 мм.

Пористые и водопропрочные агрегаты размером 0,25-0,01 мм также оказывают положительное влияние на агрономические свойства многих почв (серо-коричневые, сероземы, коричневые и др.), микроагрегаты размером менее 0,01 мм затрудняют водо- и воздухопроницаемость.

Пористость агрегатов обуславливает возможности накопления и удерживания самой ценной для растений капиллярной влаги. Межагрегатные крупные поры заняты, как правило, воздухом; вода в них не удерживается и под действием силы тяжести просачивается вниз по профилю или с боковым внутрпочвенным стоком. Наличие воздуха в межагрегатном пространстве обеспечивает хороший доступ кислорода для почвенных микроорганизмов и корней растений. Для характеристики структуры введено понятие коэффициента структурности: $K_c = a/b$, где a — количество мезоагрегатов, b — сумма микро- и макроагрегатов.

Кроме того для характеристики структуры используют коэффициент дисперсности (иногда называют фактор дисперсности) по Качинскому: $K_d = a/b \cdot 100$, где a — содержание ила при гранулометрическом анализе, b — содержание ила при микроагрегатном анализе. В хорошо оструктуренных почвах коэффициент дисперсности составляет 3-5, в среднеоструктуренных — 6-10, а в слабооструктуренных 11-15, в бесструктурных почвах может увеличиваться до 50 и даже 80.

17.1.1. Факторы структурообразования

Образование структуры происходит под влиянием ряда факторов, которые можно объединить в следующие группы.

Физические факторы. Образование структуры происходит в результате изменения давления под действием замораживания — оттаивания, увлажнения — высушивания, давления корневых систем растений.

Физико-химические факторы. Главная роль в образовании во-

допрочных агрегатов принадлежит почвенным коллоидам, обладающим клеящей способностью. К ним относятся минеральные, органоминеральные и органические. Наиболее прочная структура формируется под воздействием гуматов кальция. Большая роль принадлежит алюмо- и железогумусовым и глинисто-гумусовым комплексам. Ряд ученых отмечает, что в образовании структуры ведущая роль принадлежит новообразованным гумусовым веществам и органоминеральным коллоидам, это подтверждается тем, что после механического разрушения структурных агрегатов структура не восстанавливается без поступления новых порций клеящих веществ.

Химические факторы. В образовании структуры принимают участие химические реакции, в результате которых происходит образование труднорастворимых соединений (углекислый кальций, гидроокись железа и др.)

Биологические факторы (корни растений, микроорганизмы, дождевые черви, насекомые). Им принадлежит одна из ведущих ролей в образовании и возобновлении структуры. Чем разветвлённее корневая система растений, тем сильнее проявляется их структурирующая роль. Непосредственно вблизи корней сосредоточена обильная микрофлора, продукты жизнедеятельности которой являются цементирующими веществами. Клеящей способностью обладают корневые выделения.

Дождевые черви за тёплый период могут пропускать через кишечный тракт до 600 т/га почвенной массы, обогащая почву капролитами. Активное участие в структурообразовании принимает почвенная микрофауна: ногохвостки, мокрицы, термиты, муравьи и др. Их экскременты обладают клеящей способностью.

17.1.2. Факторы обесструктурирования и способы восстановления и сохранения структуры почв

Разрушение почвенной структуры происходит под действием агрогенных факторов. Обработки почвы приводят к механическому разрушению структурных агрегатов и усиливают биологические потери гумуса. Наиболее ощутимые потери структуры происходят при интенсивных обработках и при низком поступлении свежих органических веществ (процесс выпашивания почв). Тяжелая техника вызывает переуплотнение пахотного и подпахотного слоев.

Минеральные удобрения при грамотном применении улучшают почвенную структуру за счёт увеличения массы корней растений. Использование в повышенных дозах физиологически

кислых удобрений на почвах с кислой реакцией и физиологически щелочных — на почвах со щелочной реакцией приводят к ухудшению структурного состояния вследствие кислотного и щелочного гидролиза и пептизирующего воздействия одновалентных катионов.

Орошение и ирригационная эрозия могут вызывать ухудшение структуры при избыточных поливах и при интенсивном дождевании.

Водная эрозия и дефляция приводят к разрушению и ухудшению структурного состояния почв под действием ливневых осадков, поверхностного стока и разрушения агрегатов ветровым потоком.

Способы восстановления и сохранения структуры можно объединить в следующие группы.

1. Снижение степени выпханности почв — за счет травосеяния, внесения органических и минеральных удобрений, минимализации обработок.

2. Проведение обработок в периоды физической спелости почв существенно снижает механическое разрушение и улучшает структурное состояние.

3. Использование лёгкой техники при обработках почвы.

4. Химические мелиорации (известкование, гипсование), при которых происходит замена в ППК одновалентных катионов на двухвалентные.

5. Противоэрозионные и противодефляционные мероприятия.

6. Применение искусственных структурообразователей (полимеров и сополимеров, производных акриловой, метакриловой и малеиновой кислот).

17.2. Общие физические свойства почв и их агроэкологическая оценка

К общим физическим свойствам почвы относятся плотность почвы, плотность твердой фазы, пористость и удельная поверхность.

Плотность почвы (по устаревшей номенклатуре — объёмный вес, объёмная масса) — масса сухого вещества почвы в единице её объема ненарушенного естественного сложения, выражается в г/см^3 , обычно обозначается символом d_v . Плотность почвы зависит от механического и минералогического состава, структурного состояния, порозности, содержания органического вещества. Она варьирует от $0,04\text{--}0,4 \text{ г/см}^3$ в торфах до $1,8 \text{ г/см}^3$ в глеевых минеральных горизонтах (табл. 17.1).

17.1. Плотность и плотность твердой фазы различных горизонтов почв (г/см³)

Название горизонтов	Плотность	Плотность твердой фазы
Гумусовые суглинистые и глинистые	1,0-1,2	2,4-2,6
Минеральные суглинистые и глинистые	1,3-1,6	2,6-2,7
Минеральные иллювиальные и глеевые суглинистые и глинистые	11,6-1,8	2,6-2,7
Верховые торфа	0,04-0,1	1,4-1,6
Лесные подстилки и низинные торфа	0,2-0,4	1,4-1,8
Песчаные и супесчаные	1,4-1,6	2,6-2,7

Плотность пахотного слоя не постоянная во времени. При измерении сразу после вспашки она ниже, затем постепенно повышается и приходит в равновесное состояние (равновесная плотность).

По С.И.Долгову, пахотный слой считается рыхлым при плотности 0,9-0,95; нормальной плотности (оптимальной) — 0,95-1,15; уплотненным — 1,15-1,25 и сильно уплотненным, требующим рыхления — более 1,25 г/см³.

Плотность твердой фазы почвы (по устаревшей номенклатуре — удельный вес) — средняя плотность частиц, из которых состоит почва — масса сухого вещества в единице объема твердой фазы почвы. Измеряется в г/см³ или т/м³. Обычно обозначается символом *d*. Зависит она от плотности веществ, из которых состоит почва. Поскольку плотность преобладающих минералов в составе почв находится в диапазоне 2,5-3,0 г/см³ (кварц — 2,56; полевые шпаты — 2,60-2,76; глинистые минералы — 2,5-2,7 г/см³), то плотность минеральных горизонтов в среднем составляет 2,65-2,70 г/см³. Плотность органических веществ (гумус, растительные остатки) значительно ниже минеральных, находится в пределах 1,4-1,8 г/см³. Поэтому плотность гумусовых горизонтов несколько ниже плотности минеральных и составляет, примерно, 2,4-2,6 г/см³ (табл. 17.1).

Порозность почв (синонимы: пористость, скважность) — это суммарный объем пор между твердыми частицами, занятый воздухом и водой. Выражается порозность в % от общего объема почвы; вычисляется по показателям плотности почвы (*d*) и плотности твердой фазы (*d*):

$$P = \left(1 - \frac{d_v}{d} \right) \cdot 100$$

Различают общую порозность, капиллярную (внутриагрегатную) и некапиллярную (межагрегатную). Капиллярные поры заняты водой полностью при влажности, соответствующей наименьшей влагоемкости. Такая вода удерживается менисковыми силами и является доступной для растений. Некапиллярные (крупные поры) заняты обычно почвенным воздухом (порозность аэрации), поскольку вода в них после дождей находится под действием гравитационных сил, свободно передвигается и не удерживается. Наибольшая общая порозность (55-70%) наблюдается в гумусовых горизонтах, а в торфах и лесных подстилках может достигать 90%. В минеральных горизонтах она снижается до 35-50%, а в глеевых — до 25-30%. Порозность оказывает большое влияние на рост и развитие растений, так как от нее зависит обеспеченность корней растений влагой и воздухом. Н.А. Качинский предложил следующую шкалу для оценки общей пористости пахотного слоя:

- более 70% — почва вспушена, избыточно пористая,
- 55-65 — отличная, культурный пахотный слой,
- 50-55 — удовлетворительная,
- менее 50 — неудовлетворительная,
- менее 40% — очень неудовлетворительная.

Для накопления оптимальных запасов влаги и хорошей аэрации необходимо, чтобы некапиллярная пористость составляла 55-65% от общей пористости. Поры, занятые воздухом — пористость аэрации должна составлять не менее 15-20% объема в минеральных почвах и 30-40% в торфяных.

Регулирование порозности проводят обработками почвы, а также внесением рыхлящих почву материалов: торфа, соломы, компостов.

Удельная поверхность — это суммарная поверхность (внутренняя и внешняя) всех частиц почвы. Она выражается в $\text{м}^2/\text{г}$ и варьирует от 1,5-2 $\text{м}^2/\text{г}$ в песчаных почвах, до 300-400 $\text{м}^2/\text{г}$ в суглинистых и глинистых. Удельная поверхность, наряду с гранулометрическим составом, позволяет судить о степени дисперсности почвы и ее адсорбционной способности.

17.3. Физико-механические свойства почв

К физико-механическим свойствам относятся деформационные (сжимаемость), реологические (пластичность, липкость, усадка, набухание) и прочностные (связность, твердость, сопротивление при обработке).

Сжимаемость — уменьшение объёма почв (уплотнение) под действием внешнего давления. Характеризуется коэффициентом уплотнения и измеряется в $\text{см}^2/\text{кг}$. Сжимаемость почв определяется их гранулометрическим и минералогическим составом, характером порозности и трещиноватости, структурой и её прочностью, влажностью и гидрофильностью коллоидной фракции. Сжимаемость характеризует возможность переуплотнения почв при обработках тяжелой техникой.

Частным случаем проявления сжимаемости почв и грунтов является просадочность. Просадкой называется понижение поверхности почв в результате уменьшения их порозности. Просадочность может создавать пестроту микрорельефа, особенно на орошаемых землях.

Пластичность — способность почвы изменять свою форму (деформироваться) под влиянием внешних воздействий с сохранением при этом сплошности. Пластичность обусловлена содержанием ила и коллоидов, их составом и влажностью почвы. Различают: верхний предел пластичности (нижний предел текучести) — влажность, при которой стандартный конус погружается в почву на глубину 10 см под действием своей массы; нижний предел пластичности (предел раскатывания) — влажность, при которой образец почвы можно раскатать в сплошной шнур диаметром 3 мм.

Число пластичности — это разность между показателями верхнего и нижнего пределов пластичности. Глинистые почвы имеют число пластичности более 17; суглинистые — 7-17; супеси — менее 7; пески пластичностью не обладают.

Липкость — свойство влажной почвы прилипать к другим телам. Она определяется силой, требующейся для отрыва металлической пластинки площадью в 1 см^2 , и выражается в $\text{г}/\text{см}^2$.

Липкость почв обусловлена гранулометрическим составом, содержанием гумуса и составом обменных катионов. Она наибольшая у глинистых и наименьшая у песчаных почв. Различают (по Н.А.Качинскому) предельно вязкие (более $15 \text{ г}/\text{см}^2$); сильновязкие (5-15); средневязкие (2-5) и слабовязкие (менее $2 \text{ г}/\text{см}^2$). Проявляется липкость при определённой степени влажности, достигает максимума и вновь уменьшается при переувлажнении почв.

Усадка — уменьшение объёма почвы при её высыхании. Она выражается в процентах к первоначальному объёму почвы. Усадка зависит от минералогического состава илистой фракции, гранулометрического состава, степени гидрофильности коллоидов.

Набухание — увеличение объёма почвы при увлажнении. Измеряется в процентах к исходному объёму почвы. Подобно усадке набухание зависит от минералогического и гранулометрического состава и состава поглощённых катионов. В наибольшей степени набухают глинистые почвы монтмориллонитового состава, насыщенные натрием, в наименьшей — каолиновые глины.

Связность — способность почв противостоять внешнему усилию, направленному к разъединению частиц путём раздавливания или сдвига, выражается в г/см^3 . Связность зависит от гранулометрического состава, содержания гумуса, состава поглощённых катионов, влажности, структуры почвы.

Твёрдость почвы — сопротивление, которое она оказывает проникновению в неё какого-либо тела (шара, конуса, цилиндра и др.) под давлением. Измеряется в кг/см^2 . Зависит от влажности, гранулометрического состава, структуры, содержания гумуса и изменяется в очень широких пределах — от 5 до 45 кг/см^2 .

Удельное сопротивление почвы — усилие, затраченное на подрезание пласта, его оборот и трение о рабочую поверхность. Выражается в кг/см^2 поперечного сечения пласта почвы, поднимаемого плугом. Зависит от гранулометрического состава (лёгкие и тяжёлые почвы), физико-химических свойств, содержания гумуса, структуры почвы и влажности, состояния корневых систем растений

Удельное сопротивление в различных почвах колеблется от 0,2 до 1,2 кг/см^2 . Оно учитывается при конструировании плугов и других почвообрабатывающих орудий, составлении норм выработки.

С физическими свойствами, особенно с липкостью, связано очень важное агрономическое свойство почвы — физическая спелость — состояние влажности, при которой почва хорошо крошится на комки, не прилипая при этом к орудиям обработки. Обычно физическая спелость наступает при содержании влаги 35-45% от массы почвы.

Оптимизация физических и физико-химических свойств почвы достигается при проведении целого ряда почвоулучшающих мероприятий: известкования, гипсования, осушения, орошения, внесения мелиоративных доз торфа, рыхлящих почву материалов (соломы, компостов), пескования тяжёлых почв, глинования лёгких почв, травосеяния и др.

Глава 18. Водные свойства и водный режим почв

Большой вклад в разработку учения о почвенной влаге внесли А.А.Измаильский, Г.Н.Высоцкий, П.С.Коссович, А.Ф.Лебедев, А.Г.Дояренко, С.И.Долгов, Н.А.Качинский, А.А.Роде, И.И.Судницын, А.Д.Воронин, а также зарубежные ученые В.Гарднер, Т.Маршалл, С.Тейлор и др.

18.1. Формы (категории) воды в почвах.

Почвенно-гидрологические константы.

Доступность почвенной влаги растениям

Формы, или категории воды в почве — это части воды, которые обладают одинаковыми свойствами. А.А. Роде выделил пять форм воды: химически связанная, твердая, парообразная, сорбированная (физически связанная), свободная.

Химически связанная вода включает конституционную, которая представлена гидроксильной группой ОН химических соединений (гидроксиды железа, алюминия, глинистые минералы и др.) и кристаллизационную, представленную целыми водными молекулами кристаллогидратов (например, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — гипс). Химически связанная вода входит в состав твёрдой фазы почв и не обладает свойствами воды. Она может выделяться из почв только при повышенных температурах — от 100°C до 500°C и выше. Растениям не доступна.

Твердая вода — представлена в виде льда, который является потенциальным источником жидкой влаги, в том числе доступной для растений.

Парообразная вода содержится в порах в почвенном воздухе. Относительная влажность почвенного воздуха близка к 100%. Она перемещается в порах при изменении температуры и вместе с током почвенного воздуха может конденсироваться и сорбироваться твердой фазой почвы. Конденсат может усваиваться растениями.

Сорбированная (физически связанная) вода за счёт сорбционных сил подразделяется на прочносвязанную и рыхлосвязанную.

Прочносвязанная сорбированная вода сорбируется почвой из воздуха. При низкой относительной влажности воздуха (20-50%) сорбированная влага образует тонкую плёнку толщиной в 1-2 молекулы. Такая влага получила название — *гигроскопическая*. При влажности воздуха близкой к 100% сорбируется 3-4 слоя молекул

воды. Эта влага называется *максимальная гигроскопическая* (МГ). Наибольшее количество прочносвязанной, строго ориентированной воды, удерживаемой *сорбционными* силами, характеризует *максимальная адсорбционная влагоёмкость* (МАВ). Она составляет около 60-70% МГ. Прочносвязанная вода по физическим свойствам приближается к твёрдым телам: ее плотность достигает 1,5-1,8 г/см³, замерзает при низких температурах, не растворяет электролиты, не доступна растениям.

Гигроскопическая влажность, МАВ и МГ, зависят от минералогического и гранулометрического состава и степени гумусированности. Чем выше в почвах содержание илистой и коллоидной фракций, тем выше показатели прочносвязанной влаги. Так, значения МГ колеблются от 0,5-1% — в песчаных и супесчаных, 2-10 — в суглинистых, до 15-20 — в глинистых и 30-50% в торфах. Показатели МАВ ниже на 30-40%, а гигроскопической влажности — на 50-80%, по сравнению с МГ.

Рыхлосвязанная сорбированная (пленочная) вода представлена полимолекулярной плёнкой толщиной в несколько десятков или сотен диаметров молекул воды. Она удерживается *молекулярными* силами, менее прочно связана с твердой фазой почв и может частично передвигаться. Верхний предел рыхлосвязанной воды характеризует *максимальная молекулярная влагоёмкость* (ММВ). В глинистых почвах она может достигать 25-30%, в песчаных — 5-7%. Она частично доступна для растений.

Капиллярная вода является свободной, не зависит от сорбционных сил, а удерживается и передвигается в почве капиллярными (менисковыми) силами.

Менисковые силы начинают проявляться в порах с диаметром менее 8 мм, а наиболее сильно — с диаметром от 100 до 3 мкм. Поры диаметром менее 3 мкм заполнены связанной водой. Капиллярная вода растворяет вещества, вместе с ней передвигаются соли и коллоиды. Капиллярная вода является доступной и наиболее ценной для растений. Она подразделяется на капиллярно-подвешенную, капиллярно-подпертую и капиллярно-посаженную.

Капиллярно-подвешенная вода заполняет капиллярные поры при увлажнении почв сверху (атмосферные осадки, оросительные воды), она висит над сухим слоем почвы и не имеет связи с грунтовыми водами. Капиллярно-подвешенная вода может передвигаться как в нисходящем направлении, так и вверх, если влага испаряется с поверхности. Поэтому существует ряд агротехнических мероприятий (боронование, прикатывание и др.), направленных на снижение испарения и сохранение капиллярно-подвешенной влаги.

Нормы орошения не должны превышать запасы капиллярно-подвешенной влаги.

Стыковая капиллярно-подвешенная влага преобладает в песчаных и супесчаных почвах с крупными порами. Она находится в мещтах стыка твёрдых частиц и удерживается капиллярными силами.

Капиллярно-подпертая вода заполняет капиллярные поры при увлажнении снизу, от горизонта грунтовых вод. Она передвигается вверх по капиллярам и подпирается снизу грунтовыми водами. Слой почвы над грунтовыми водами, содержащий капиллярно-подпертую влагу, называется *капиллярной каймой*.

В суглинистых и глинистых почвах он достигает 2-6 м, а в песчаных и супесчаных — только 0,4-2,0 метра. Мощность капиллярной каймы характеризует водоподъемную способность почв. Капиллярно-подпертая влага принимает участие в снабжении водой растений в полугидроморфных и гидроморфных почвах и является существенным дополнением к атмосферным осадкам, особенно в почвах лесостепной и степной зоны, где грунтовые воды не засолены.

Капиллярно-посаженная вода (подперто-подвешенная) образуется в слоистых почвах, в которых слои различаются по гранулометрическому составу. На контакте слоев скапливается дополнительное количество влаги.

Капиллярно-подпертая вода характеризуется **капиллярной влагоёмкостью (КВ)** — наибольшее количество капиллярно-подпертой воды, которое может удерживаться в слое почвы, находящемся в пределах капиллярной каймы. Она зависит от того, на какой высоте от уровня грунтовых вод её определяют — чем выше, тем ниже показатели КВ. Капиллярная влагоёмкость зависит также от гранулометрического состава. При близком залегании грунтовых вод (1,5-2,0 м) для среднесуглинистых почв, в пределах почвенного профиля, она составляет 30-40%.

Наименьшая влагоёмкость (НВ) — характеризует наибольшее количество капиллярно-подвешенной влаги, которое может удерживать почва после стекания избытка влаги при отсутствии подпора грунтовых вод (глубоком залегании). Она зависит от гранулометрического состава, структурного состояния, плотности. В хорошо оструктуренных суглинистых и тяжелосуглинистых почвах НВ составляет 30-45%, в легко- и среднесуглинистых — 20-30, в песчаных и супесчаных — 5-20%.

Термину **наименьшая влагоемкость** соответствует ряд терминов, предложенных разными авторами: **предельно-полевая влагоемкость (ППВ)** широко используется в мелиорации, **полевая влаго-**

ёмкость (ПВ) — используется в ряде зарубежных стран. Наименьшая влагоёмкость является верхним пределом оптимальной влажности для растений.

Влажность разрыва капилляров (ВРК) — характеризует запасы воды в почве, соответствующие разрыву сплошности капилляров, связанному с испарением и потреблением растениями. Эта влага теряет подвижность (не передвигается под действием капиллярных сил). Она является нижним пределом оптимальной влажности для растений. Для суглинистых и глинистых почв ВРК составляет 60-70% от НВ.

Влажность устойчивого завядания (ВЗ) — влажность, при которой растения теряют тургор и погибают. Это нижний предел продуктивной влаги. Влага в интервале ВЗ-ВРК является труднодоступной. ВЗ зависит от свойств почв и вида растений, ее можно рассчитать, используя показатели МГ, которые умножают на коэффициент — 1,5.

$$ВЗ = МГ \cdot 1,5$$

В среднем ВЗ составляет: в песчаных почвах — 1-3%, в супесчаных — 3-6, в суглинистых и глинистых — 6-15, в торфяных почвах — 50-60%. Показатели ВЗ используют для расчетов запаса продуктивной влаги. Запасы влаги в интервале ВРК-ВЗ примерно соответствуют максимальной молекулярной влагоемкости (ММВ).

Полная влагоемкость (ПВ), или водовместимость — наибольшее количество воды, которое может вместить почва при полном заполнении всех пор водой. Она, примерно, соответствует общей порозности, поскольку 5-6% пор остается с заземленным почвенным воздухом. Полная влагоёмкость чаще составляет 40-50% от объема, с колебаниями от 30% в бесструктурных, уплотненных минеральных горизонтах до 80% — в обогащённых органическим веществом горизонтах почв. При полной влагоемкости, если отсутствует подпор грунтовых вод, влага в крупных межагрегатных порах передвигается под действием гравитационных сил. Такая вода называется *гравитационной*. Она может быть просачивающейся (после выпадения осадков, таяния снега) и в виде водоносных горизонтов (грунтовые, почвенно-грунтовые воды). Гравитационная вода доступна для растений, но непродуктивна, поскольку является избыточной.

Максимальная водоотдача (МВО) — разность между полной (ПВ) и наименьшей (НВ) влагоемкостью. В структурных почвах МВО составляет не менее 15-20%, что обеспечивает хорошие условия аэрации почв.

Почвенно-гидрологические константы — граничные значения влажности, при которых количественные изменения в подвижности воды переходят в качественные различия. В агрономической практике наиболее широко используются следующие почвенно-гидрологические константы: МАВ, МГ, ВЗ, ВРК, НВ, ПВ, которые характеризуют доступность воды для растений в почвах с разными водными свойствами (рис 18.1).

Почвенно-гидрологические константы используют для оптимизации влажности почв, в частности, при орошении. Если влажность почвы опускается ниже ВРК, необходим срочный полив. Оптимальные запасы влаги находятся в диапазоне ВРК-НВ. Норма полива не должна превышать НВ. В агрономической практике учитывается общий (ОЗВ), полезный (продуктивный) запасы влаги (ПЗВ) и запас труднодоступной влаги (ЗТВ).

$$ПЗВ = ОЗВ - ЗТВ$$

ОЗВ рассчитывается по фактической полевой влажности, ЗТВ — по влажности завядания. Измеряют запасы влаги в м³/га или в мм, 1 мм воды соответствует 10 м³/га. Оптимальные запасы влаги в метровом слое для большинства культур составляют 100-200 мм, в пахотном — 40-50 мм. Снижение запасов воды в пахотном слое ниже 20, а в метровом — ниже 50 мм резко сказывается на урожайности культур.

Водопроницаемость и водоподъемная способность почв. Водопроницаемость — способность почв и грунтов впитывать и пропускать через себя воду, поступающую с поверхности. При поступлении воды в почву выделяют два этапа: впитывание (заполнение пор) и фильтрация, которые различаются по скорости и характеризуются соответствующими коэффициентами впитывания и фильтрации. Водопроницаемость зависит от гранулометрического состава, трещиноватости, структурного состояния, влажности и длительности увлажнения. Водопроница-

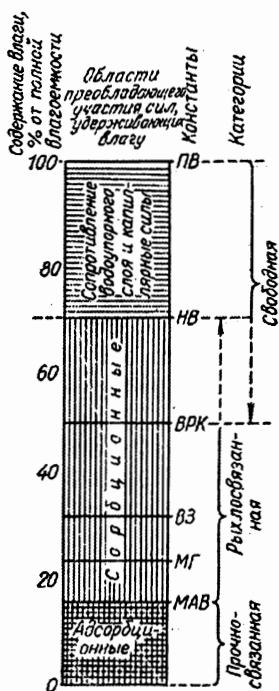


Рис.18.1 Категории почвенной воды и почвенно-гидрологические константы (по А.А. Роде, 1965)

мость измеряется объёмом воды, протекающим через единицу площади поверхности почвы в единицу времени. Н.А. Качинский предложил следующую градацию водопроницаемости почв (мм/час, при напоре 5 см и температуре 10°C): 1000-500 — провальная, излишне высокая; 500-100 — наилучшая; 100-70 — хорошая; 70-30 — удовлетворительная; менее 30 — неудовлетворительная.

Водоподъёмная способность — свойство почвы вызывать восходящее передвижение влаги в ней за счёт капиллярных сил. Она растёт от песчаных почв к суглинистым и иногда может снижаться к глинистым, тонкопористым, поскольку в последних очень много мелких пор (менее 1 мкм), которые заполнены неподвижной связанной водой. Высота капиллярного поднятия в песках составляет 0,5-1 м; в супесях — 1-2; в суглинках — 2-4; в тяжелых суглинках и в глинах — до 6 м.

18.2. Сосущая сила почвы и термодинамический потенциал почвенной влаги

Вода в почве находится под воздействием нескольких сил: адсорбционных, капиллярных, осмотических, гравитационных, для характеристики суммарного действия которых введено понятие полного, или термодинамического потенциала.

Термодинамический потенциал выражает способность почвенной влаги производить большую или меньшую работу по сравнению с чистой свободной водой. Потенциал почвенной влаги — величина отрицательного знака, поскольку необходима работа (положительного знака) по его преодолению. Вместо понятия “потенциал” в почвоведении принято понятие “давление почвенной влаги”, которое измеряется в паскалях (Па). Существует определенная связь почвенно-гидрологических констант с давлением почвенной влаги и её доступностью для растений. НВ почв соответствует давлению от 10^4 до $3 \cdot 10^4$, а ВЗ — от $6 \cdot 10^5$ до $2,5 \cdot 10^6$ Па.

Невыравненность (разность) потенциалов почвенной воды в разных точках является причиной передвижения воды в сторону наиболее низкого потенциала.

Сосущая сила почвы (всасывающее давление) — это способность почвы при соприкосновении с водой поглощать ее. В почве, насыщенной влагой и не содержащей солей, всасывающее давление равно нулю, по мере иссушения оно увеличивается. Сосущая сила почвы численно равна термодинамическому потенциалу (давлению почвенной влаги), но выражается положительной величиной

ной. Всасывающее давление сухой почвы приближается к 10^7 см водного столба, или 10^9 Па. Р.Скофилд (1935) предложил выражать всасывающее давление десяти тысячным логарифмом этого числа (pF). Таким образом, pF сухой почвы приближается к 7, а у почвы, почти полностью насыщенной влагой, при давлении равном 10^3 Па, pF равен 1. Р.Скофилд показал, что между значениями влажности, подвижности, доступности для растений и всасывающим давлением существует довольно тесная связь (табл.18.1).

Показатели давления почвенной влаги и всасывающее давление используются для оценки ее состояния и физиологической доступности, так как они более точно отражают эти свойства, по сравнению с абсолютными показателями содержания почвенной влаги.

В условиях орошения в качестве индикатора полива широко используют тензиометры для определения всасывающего давления, которые намного упрощают контроль состояния влажности.

18.1. Показатели pF и доступность для растений почвенной влаги

Форма влаги	Всасывающее давление (pF)	Доступность для растений
Сухая почва	7,0	недоступна
Гигроскопическая	4,6-7,0	недоступна
МГ	4,5	устойчивое завядание
ВЗ	4,2	устойчивое завядание
ВРК (ММВ)	3,0-4,0	доступность пониженная
НВ тяжелые суглинки и глины	2,7-3,0	доступность оптимальная
НВ средние суглинки	2,3	доступность оптимальная
НВ песчаные	2,0	доступность оптимальная
Гравитационная	1,75	доступна (избыточная)

18.3. Водный режим почв

Водный режим — это совокупность явлений поступления, передвижения, изменения физического состояния и расхода воды в почвах. Поступление воды в почву и ее расход характеризуется водным балансом.

Статьи прихода воды в почву: атмосферные осадки, грунтовые воды, конденсация из паров воды, поверхностный боковой приток, внутрпочвенный боковой приток.

Статьи расхода воды из почвы: испарение, транспирация (десукция), фильтрация (грунтовый сток), поверхностный сток.

внутрипочвенный боковой сток. Все величины прихода и расхода воды выражаются в мм или в м³/га. Обычно рассчитывается годовой баланс влаги.

Если не происходит прогрессирующего иссушения или увлажнения территории, то сальдо водного баланса близко к нулю, а имеющиеся отклонения объясняются погодными условиями года.

Типы водного режима формируются под воздействием основных статей водного баланса, ведущими из которых являются осадки и испаряемость. Отношение осадков к испаряемости характеризуется коэффициентом увлажнения (КУ), предложенным Г.Н.Высоцким и Н.Н.Ивановым.

Основы учения о водных режимах почв были заложены Г.Н. Высоцким и А.А.Роде. Ими было выделено 6 типов водного режима и несколько подтипов. В настоящее время принято выделять 14 типов водного режима.

Промывной водный режим формируется в гумидных областях (таежно-лесная зона, влажные тропики и субтропики), где осадки превышают испаряемость (КУ > 1). Атмосферные осадки ежегодно промачивают почвенно-грунтовую толщу до уровня почвенно-грунтовых вод, часто весной и осенью в таких почвах формируется верховодка. Для почв с промывным типом режима характерен вынос значительной части продуктов почвообразования за пределы почвенной толщи (подзолистые, красноземы, желтоземы и др.).

Периодически промывной водный режим формируется на границе влажных (гумидных) и полувлажных (семигумидных) областей (КУ 0,8-1,2). Для таких территорий характерно промачивание атмосферными осадками почвенно-грунтовой толщи до уровня грунтовых вод один раз в 10-15 лет. Для почв с периодически промывным типом водного режима характерен заметный вынос продуктов почвообразования за пределы почвенной толщи или в нижнюю часть почвенного профиля (серые лесные почвы, оподзоленные и выщелоченные чернозёмы).

Непромывной водный режим формируется в полувлажных (семигумидных) областях и полусухих (семиаридных) областях (КУ 1,0-0,33). Почвенная толща промачивается в пределах 1-2,5 м. Между промачиваемой толщей и капиллярной каймой грунтовых вод существует горизонт с постоянной в течение всего года низкой влажностью, близкой к ВЗ (мертвый горизонт, по Г.Н.Высоцкому). Для почв с непромывным водным режимом (чернозёмы степной зоны, каштановые почвы сухих степей) характерно накопление продуктов почвообразования в почвенном профиле.

Аридный (сухой) водный режим формируется в аридных областях ($KУ < 0,33$) (бурые полупустынные и серо-бурые пустынные почвы). В течение всего года в почвах влажность приближается к ВЗ и только после выпадения осадков несколько повышается.

Выпотной водный режим складывается в почвах семиаридного и аридного климата ($KУ < 0,55$) при неглубоком залегании грунтовых вод.

Капиллярная кайма грунтовых вод поднимается к поверхности почв, при этом влага испаряется, а растворённые в ней соли скапливаются в поверхностных горизонтах. Таким образом формируются гидроморфные солончаки и солончаковатые почвы. Выпотной режим подразделяется на собственно выпотной и периодически выпотной.

Десуктивно-выпотной водный режим формируется в почвах семиаридного и аридного климата ($KУ < 0,55$), но при более глубоком залегании грунтовых вод, чем у почв с выпотным режимом. Поэтому капиллярная кайма не достигает поверхности почвы, но охватывает зону распространения корневых систем и испаряется не физически, а десуктивно через посредство растений. В таких почвах (они называются полугидроморфными: лугово-черноземные, луговокаштановые и др.) чередуются периоды с нисходящими (рано весной) и восходящими токами влаги (летом). Водорастворимые соли скапливаются не в поверхностных горизонтах, а на верхней границе капиллярной каймы. Если грунтовые воды не засолены, то при таком водном режиме формируются почвы с повышенным плодородием и лучшими условиями увлажнения по сравнению с почвами водоразделов с непромывным типом водного режима.

Паводковый водный режим характерен для речных пойм и дельт, где поверхность почвы ежегодно или раз в несколько лет подвергается затоплению паводковыми водами. Он распространён во всех природных зонах и сопровождается накоплением аллювиальных отложений. В межпаводковые периоды паводковый водный режим сменяется другим типом водного режима (промывной, непромывной, выпотной и др.), в зависимости от природной зоны и положения в рельефе.

Амфибиальный режим формируется при постоянном или длительном затоплении почв водой (морские и озерные мелководья, речные плавни и др.).

Мерзлотный водный режим характерен для областей вечной мерзлоты. В течение большей части года вода находится в форме льда, и только в летние месяцы почва оттаивает на небольшую глубину и формируется надмерзлотная верховодка.

Водозастойный водный режим характерен для болотных почв атмосферного и грунтового увлажнения при плохом дренаже. В течение большей части года влажность почвы сохраняется в пределах полной влагоёмкости и лишь в засушливые периоды несколько снижается.

Периодически водозастойный режим характерен для болотных почв грунтового увлажнения с ярко выраженными сезонными колебаниями уровня грунтовых вод. При этом влажность почв варьирует от полной влагоёмкости до уровня ниже наименьшей влагоёмкости.

Ирригационный водный режим создается при искусственном орошении. Он может существенно различаться в зависимости от норм и типа орошения, глубины залегания грунтовых вод, наличия и характера искусственного дренажа, водного режима природной зоны.

Осушительный водный режим создаётся при искусственном осушении болотных и заболоченных почв. Он также может существенно различаться в зависимости от норм и типа осушения, глубины залегания грунтовых вод после осушения и водного режима природной зоны.

Регулирование водного режима осуществляется коренными мелиоративными мероприятиями (осушение, орошение, двустороннее регулирование влаги); лесомелиоративными и агротехническими (снегозадержание, глубокое рыхление, щелевание, введение черных паров и др.), направленными на сохранение и накопление влаги.

Детальное изучение методов регулирования водного режима проводится в курсах мелиорации и земледелия.

Глава 19. Почвенный воздух и воздушный режим почв

Почвенный воздух находится в трех состояниях: свободном (в порах), адсорбированном (в твёрдой фазе), растворённом (в почвенном растворе).

Состав свободного почвенного воздуха, его динамика, оптимальные параметры. Свободный почвенный воздух состоит из тех же газов, что и атмосферный, но отличается от него ярко выраженной динамикой содержания кислорода и углекислого газа. Атмосферный воздух содержит (% от объема): 78,1 — азота, 20,9 —

кислорода, 0,03 — углекислого газа и около 1% благородных газов (аргон, гелий, ксенон и криптон).

В почвенном воздухе содержится меньше кислорода — 10-20%, но больше углекислого газа — 0,03-9%, по сравнению с атмосферным. Кроме того в почвенном воздухе постоянно присутствуют в небольших количествах аммиак, иногда закись азота, сероводород, метан. Хотя содержание азота считается довольно стабильным, имеются данные (В.А.Ковда, 1973) о возможности существенного увеличения азота в почвенном воздухе (до 82-86%). В пахотных, хорошо аэрируемых почвах содержание CO_2 в почвенном воздухе не превышает 1-2%, а O_2 — не опускается ниже 18%. В условиях избытка влаги и затрудненного газообмена содержание CO_2 повышается, а O_2 — снижается до десятых долей процента.

Почва постоянно в течение теплого сезона поглощает кислород и выделяет углекислый газ. Основными потребителями кислорода в почве являются корни растений, аэробные микроорганизмы, почвенная фауна, и незначительная часть его расходуется на чисто химические процессы. Источником кислорода является атмосферный воздух, который поступает в почвенный воздух диффузно с осадками и оросительной водой. Кислород участвует в актах дыхания растений, и при его отсутствии растения погибают. Кроме того, при недостатке кислорода в почве развиваются анаэробные процессы, в том числе глеевый, которые резко ухудшают агрономические свойства почв, рост и развитие растений. Оптимальное содержание кислорода в почвенном воздухе 19-20%.

Основным источником углекислоты в почвах является органическое вещество (растительные и животные остатки, органические удобрения, частично гумус), которое разлагается и окисляется микроорганизмами. Значительное количество углекислоты, около одной трети, по оценке В.А.Ковды, в почве выделяется корнями растений. Небольшие количества CO_2 могут поступать в почву из грунтовых вод, в результате десорбции из твердой и жидкой фазы и при разложении карбонатов. Средняя концентрация углекислого газа в воздухе, равная 0,03%, недостаточна для потенциально возможного урожая сельскохозяйственных культур. Искусственное повышение концентрации углекислоты в приземном воздухе повышает урожай растительной массы на 30-100%. Оптимальное содержание углекислоты в почвенном воздухе составляет от десятых долей процента до 1-2%, повышенные концентрации (более 2-3%) угнетают развитие растений.

Выделение углекислоты из почвы в приземный слой атмосферы называется дыханием почвы. Количество выделяющейся углекис-

кислоты зависит от содержания и ежегодного поступления в почву свежих органических веществ, в том числе органических удобрений, и составляет в почвах зонального ряда 1-10 т/га в год в пересчете на углерод (И.Н.Шарков, 1998; С.М.Надежкин, 1999).

Между почвенным и атмосферным воздухом происходит постоянный газообмен. Имеются сведения, что более 90% углекислоты воздуха имеет почвенное происхождение. Глобальная роль почвенного покрова заключается в регулировании состава атмосферного воздуха.

Газообмен, или аэрация осуществляется через воздухоносные поры почвы (порозность аэрации). К факторам газообмена относятся: диффузия, изменение влажности, изменение температуры и атмосферного давления. Диффузия — перемещение газов в соответствии с парциальным давлением, которое определяется их концентрацией. Поскольку в почвенном воздухе более высокая концентрация CO_2 и ниже по сравнению с атмосферным воздухом — O_2 , диффузия определяет основные потоки этих газов — O_2 в почву, а CO_2 в атмосферу. Диффузия является основным фактором газообмена.

Изменение влажности почвы приводит к поглощению влаги воздуха при высыхании и его вытеснению в атмосферу при увлажнении.

Изменение температуры и атмосферного давления также вызывают обмен между почвенным и атмосферным воздухом из-за градиентов давлений и процессов расширения-сжатия при нагревании и охлаждении.

Диффузия газов в почве характеризуется коэффициентом диффузии, который равен количеству газа (в см^3), поступающего в секунду через 1 см^2 поверхности при мощности слоя 1 см и градиенте концентрации, равном единице. По Люндегорду, коэффициент диффузии CO_2 менее $0,009 \text{ г/см}^2$ в сек — предел нормальной аэрации. При меньшем его значении газообмен затруднен. Состояние газообмена определяется воздушными свойствами почвы.

Воздухопроницаемость — способность почвы пропускать через себя воздух. Она измеряется количеством воздуха в мл, прошедшим под определенным давлением через 1 см^2 при толщине слоя в 1 см . Зависит от гранулометрического состава, структуры и влажности почвы.

Воздухоёмкость — содержание воздуха в почве в объемных процентах. Зависит от влажности и порозности почв. Различают капиллярную и некапиллярную воздухоёмкость, которые соответствуют понятиям капиллярной и некапиллярной порозности. Хорошую аэрацию почв обуславливают некапиллярные поры, которые, как прави-

ло, не заняты водой. Оптимальные условия для газообмена между почвенным и атмосферным воздухом создаются при порозности аэрации в минеральных почвах 20-25%, а в торфяных – 30-40%.

Воздушный режим почв и его регулирование. Воздушный режим – это совокупность всех явлений поступления, передвижения, изменения состава и физического состояния воздуха при взаимодействии с твердой, жидкой и живой фазами почвы, а также газообмен почвенного воздуха с атмосферным.

Воздушный режим подвержен суточной, сезонной (годовой) и многолетней динамике. Наиболее благоприятный воздушный режим складывается в структурных почвах, обладающих рыхлым сложением и хорошим газообменом. Суточная динамика CO_2 и O_2 распространяется до глубины 30-50 см в соответствии с колебаниями температуры. Обновление состава почвенного воздуха в пахотном слое может происходить в течение суток полностью несколько раз.

Максимальное содержание CO_2 и минимальное O_2 приходится, как правило, на летний период, а осенью и зимой почва освобождается от накопленного углекислого газа. В почвах нормального увлажнения в нижней части почвенного профиля больше содержится CO_2 и меньше O_2 , а в почвах в затрудненном газообменом CO_2 скапливается в верхней и средней части профиля.

Регулирование воздушного режима проводят с помощью мелиоративных мероприятий (осушение, орошение), агротехнических (глубокие обработки, рыхление и др.), а также комплекса мероприятий, направленных на окультуривание почв.

Глава 20. Тепловые свойства и тепловой режим почв

20.1. Тепловые свойства почв

К тепловым свойствам относятся: теплопоглощательная (теплоотражательная) способность, теплоемкость и теплопроводность почв.

Теплопоглощательная (отражательная) способность почв – это способность почв поглощать (отражать) долю падающей на ее поверхность солнечной радиации. Характеризуется значением альбедо – долей коротковолновой солнечной радиации, отражаемой

поверхностью почв, выраженной в % к общей солнечной радиации. Чем меньше альbedo, тем больше почва поглощает солнечной энергии. Альbedo зависит от цвета почвы, влажности, выравнивания поверхности, характера растительного покрова. Чернозем сухой имеет показатель альbedo 14%, влажный — 8, песок белый сухой — 25-30, серый сухой — 15-18, влажный — 10-12%.

Теплоемкость — свойство почвы поглощать тепло. Характеризуется количеством тепла в Джоулях (калориях), необходимого для нагревания на 1°С единицы массы (удельная) или единицы объема (объемная). Теплоемкость зависит в основном от влажности, содержания органического вещества, пористости аэрации (табл. 20.1). Наиболее высокая теплоемкость у воды.

20.1. Теплоемкость составных частей почв

Вещество	Теплоемкость			
	Удельная		Объемная	
	Дж/(г·град)	Калорий/(г·град)	Дж/(см ³ ·град)	Калорий/(см ³ ·град)
Песок	0,82	0,196	2,16	0,517
Глина	0,98	0,233	2,42	0,577
Торф	2,00	0,477	2,56	0,611
Вода	4,19	1,000	4,19	1,000

Для повышения температуры влажной почвы требуется больше тепла, чем для сухой. Влажные почвы медленнее нагреваются и медленнее охлаждаются. А поскольку глинистые, тяжело-суглинистые и торфяные почвы весной содержат много влаги, они медленнее прогреваются по сравнению с более сухими песчаными и супесчаными, их называют холодными. Осенью наблюдается обратная картина — легкие почвы быстрее охлаждаются, а тяжелые и торфяные — медленнее.

Теплопроводность — способность почвы проводить тепло. Она измеряется количеством тепла в Джоулях (калориях), которое проходит за 1 с. через 1 см² слоя почвы толщиной в 1 см. Минимальной теплопроводностью обладает воздух (табл. 20.2), более

20.2. Теплопроводность составных частей почвы

Вещество	Теплопроводность	
	Дж/(см·с·град.)	Калорий/(см·с·град.)
Воздух	0,000210	0,00006
Торф	0,001107	0,00027
Вода	0,005866	0,00136
Гранит	0,033620	0,00820
Базальт	0,021320	0,00520

высокой — органическое вещество (гумус, торф), вода. Самая высокая теплопроводность у минеральной части почв. Она в 100 раз выше, чем у воздуха и примерно в 20 раз выше, чем у воды.

Теплопроводность плотных и влажных почв выше, чем рыхлых, хорошо оструктуренных и сухих.

20.2. Тепловой режим почв и его регулирование

Тепловой режим почвы — это совокупность и последовательность явлений поступления, переноса, аккумуляции и отдачи тепла. Он характеризуется температурой на разных глубинах почвенного профиля, которая имеет суточный и годовой ход.

Суточный ход температуры почвы определяется зональным положением почвы, климатическими и погодными условиями, сезонностью, особенностями рельефа и растительного покрова, составом и свойствами почв. Наиболее резко суточный ход выражен в пределах 50-см слоя. Максимальные температуры наблюдаются на поверхности днем, минимальные — ночью. С глубиной в профиле почв характерно запаздывание изменения температуры.

Годовой ход температуры определяется, в первую очередь, климатическими условиями, имеет большую амплитуду и выражен на большую глубину, чем суточный. Наиболее резко годовой ход температур проявляется в пределах 3-4-х метровой толщи почвы и почвообразующих пород. На глубине 6 м колебания температур не превышают 1°C. Максимальные температуры почв с глубиной отстают от максимальных температур воздуха. Различия во времени могут достигать 2-3 месяцев.

На годовой ход температур большое влияние оказывают растительный покров, высота снежного покрова, рельеф, хозяйственная деятельность. Замерзание почвы происходит после установления отрицательных температур воздуха и продолжается до января-февраля. Затем она постепенно оттаивает снизу за счет передачи тепла из нижних непромерзших слоев. Иногда оттаивание снизу продолжается до схода снега, при этом талая вода проникает в почву. В другие годы, при раннем сходе снега, почва может оттаивать сверху и снизу, при этом в оттаявшем сверху слое образуется слой, насыщенный водой, и создаются условия для поверхностного стока и развития эрозионных процессов за счет талых вод. Для оценки теплообеспеченности почв и характеристики теплового режима используются следующие показатели: сумма активных температур (более 10°C) в почве на глубине 20 см; сумма

отрицательных температур на глубине 20 см; средний из абсолютных минимумов температур на поверхности почвы; глубина промерзания почвы; глубина проникновения температур более 10°C (для лета) и др. показатели.

Сумма активных температур почвы (больше 10°C) на глубине 20 см в тундре примерно на 100°C ниже или соответствует сумме активных температур воздуха; в таежно-лесной зоне активные температуры почвы превышают температуры воздуха на $100-200^{\circ}\text{C}$; в степной зоне — на $300-500^{\circ}\text{C}$ и в субтропиках — примерно на 1000°C .

Для характеристики процессов трансформации солнечной энергии рассчитываются радиационный, тепловой баланс почвы и энергетический баланс почвообразования, которые, соответственно, учитывают приход-расход солнечной радиации, тепла и количество энергии, расходуемой на работу почвообразовательного процесса.

Типы теплового (температурного) режима почв. В зависимости от динамики температуры почвы, длительности и глубины промерзания В.Н.Димо (1968) выделила 4 типа температурного режима почв.

Мерзлотный — характерен для территорий с многолетней мерзлотой. Среднегодовая температура почв отрицательная. Сезонное замерзание и оттаивание прослеживается до верхней границы многолетнемерзлого слоя.

Длительно-сезоннопромерзающий тип характерен для территорий с положительной среднегодовой температурой профиля почвы. Длительность промерзания — не менее 5 мес. Глубина промерзания — более 1 м. Сезонное промерзание не смыкается с многолетнемерзлыми породами, если они присутствуют.

Сезоннопромерзающий тип характерен для территорий с положительной среднегодовой температурой профиля почвы. Глубина промерзания не более 2 м, длительность — от нескольких дней до 5 мес.

Непромерзающий тип характерен для территорий, где температура на глубине 20 см в самом холодном месяце положительная. Промерзание почвы отсутствует, а отрицательные температуры почвы отсутствуют или держатся не более нескольких дней.

Длительно-сезоннопромерзающий и сезоннопромерзающий типы температурного режима характерны для преобладающей части территории России, непромерзающий занимает небольшую площадь на Северном Кавказе и Черноморском побережье Кавказа.

Регулирование теплового режима. Тепловой режим почв в пре-

делах одного типа существенно различается в зависимости от положения в рельефе, экспозиции склона, вида сельскохозяйственных угодий, наличия мелиоративных систем (орошения, осушения), частоты и периодичности рыхления и др. В этой связи перспективно внедрение адаптивно-ландшафтных систем земледелия, в которых осуществляется подбор культур, наиболее приспособленных к условиям теплообеспеченности ландшафтов. В таежно-лесной и лесостепной зонах мероприятия направлены на повышение теплообеспеченности сельскохозяйственных культур: снегозадержание, поливы теплой водой, мульчирование, дымовые завесы, гребневые и грядовые посевы, закрытый грунт (теплицы, парники). В южных районах орошение, кулисные посевы, лесополосы, мульчирование светлыми материалами предохраняют почву от перегрева.

Глава 21. Биологический и питательный режим почв

21.1. Биологический режим почв

Почвенная биота является составной частью почв. С одной стороны, функционирование живых почвенных организмов в значительной степени зависит от свойств твердой, жидкой и газовой фазы почв, с другой, они сами формируют свойства этих фаз. Им принадлежит ведущая роль в формировании почвенного плодородия.

Местообитанием мезо- и микрофауны в основном является система пор, занятых водой и воздухом. Для микроорганизмов почва представляет сложную гетерогенную систему микросред с резко различающимися свойствами. От 80 до 90% бактериальных клеток в почве удерживается на поверхности или внутри почвенных агрегатов (рис. 21.1). Это явление получило такое же название,

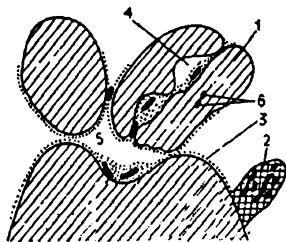


Рис. 21.1. Схема строения структурной почвы как среды обитания микроорганизмов (по Д.Г.Звягинцеву, 1987):

- 1 — почвенный агрегат;
- 2 — органическое вещество;
- 3 — пленка воды;
- 4 — внутриагрегатная пора;
- 5 — межагрегатная пора;
- 6 — микроорганизмы.

как в коллоидной химии — адсорбция, или адгезия (прилипание). Грибные споры большей частью обнаруживаются на поверхности крупных частиц, иногда внутри агрегатов, а гифы развиваются на органическом субстрате. Адгезия клеток на твердых поверхностях почвенных частиц предотвращает их вымывание и повышает устойчивость к воздействию неблагоприятных факторов.

Наличие в почве влаги — обязательное условие для активной жизнедеятельности микроорганизмов. При очень низкой влажности многие виды микроорганизмов могут поддерживать жизнедеятельность за счет свободной внутриклеточной воды и, так называемой, метаболической, образующейся при внутриклеточном распаде углеводов.

На жизнедеятельность микроорганизмов большое влияние оказывают состав и концентрация почвенного раствора, осмотическое давление, реакция среды. В кислых почвах увеличивается роль грибов, устойчивых к низким значениям pH, но тормозится развитие азотобактера, нитрификаторов. Оптимум pH для большинства бактерий и актиномицетов — 6-8, для грибов — 3-5.

Почвенный воздух и его состав оказывают сильное влияние на численность и состав микроорганизмов. В то же время микроорганизмы являются ведущим фактором изменения состава почвенного воздуха. Благодаря их деятельности почва поглощает кислород и выделяет углекислый газ. Многие микроорганизмы переносят повышенные концентрации углекислого газа (до 10-12%). По отношению к кислороду микроорганизмы делятся на аэробы, облигатные и факультативные анаэробы и микроаэрофилы. Последняя группировка объединяет большинство почвенных микроорганизмов. Для них оптимальными являются условия с пониженным содержанием кислорода в среде.

Тепловой режим почвы является одним из главных факторов жизнедеятельности микроорганизмов. По отношению к температуре выделяют мезофильные, термофильные, психрофильные и термотолерантные группировки (рис. 21.2). Большинство почвенных микроорганизмов — мезофилы с оптимумом роста при 26-30°C. Среди актиномицетов и бактерий есть термофилы, минимальная температура роста которых выше 30°C, а оптимальная — 50-60°C. Выше 65°C способны существовать только бактерии, а при температуре выше 90° — архебактерии. Наиболее низкотемпературная группа почвенных организмов — дрожжи. Оптимум для многих видов дрожжей — 12-15°, а выше 18-20° они прекращают рост. Есть данные о значительном участии дрожжей в разложении растительных остатков в холодное время года.

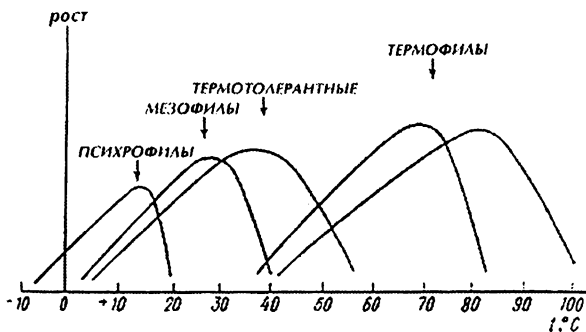


Рис. 21.2. Разделение микроорганизмов на группы по температурным границам роста (по И.П.Бабьевой и Г.М.Зеновой, 1989)

Распределение микроорганизмов в почвенном профиле связано с содержанием органического вещества, температурой и влажностью. Наиболее высокая их численность наблюдается в органогенных горизонтах, особенно в прикорневой зоне — ризосфере. С составом и численностью микроорганизмов тесно связана ферментативная активность почв. Ферменты катализируют важнейшие реакции трансформации органических и органоминеральных веществ в почвах и активно участвуют в процессах почвообразования и в формировании почвенного плодородия (см. Главу 6).

Гетерогенность микросред в почве с резко различающимися условиями обуславливает многообразие состава и численности различных групп микроорганизмов как в пределах одного почвенного профиля, так и в почвах зонального ряда с разными экологическими условиями.

Биологический режим характеризуется численностью, активностью, составом почвенных микроорганизмов в разные периоды года.

Комплексным показателем биологического режима является биологическая активность почв. Она характеризует емкость и интенсивность трансформации органических и органоминеральных веществ в почвах. Для характеристики биологической активности используют показатели численности различных групп микроорганизмов и активности различных ферментов. Интегральным показателем биологической активности многие исследователи считают продуцирование почвой углекислого газа или поглощение кислорода за определенный промежуток времени (час, сутки, год).

Биологический режим почв агроландшафтов тесно связан с

- хозяйственной деятельностью. Основными факторами, определяющими биологический режим почв в агроценозах, являются:
- количество послеуборочных остатков и нормы органических удобрений;
 - водные и химические мелиорации (осушение, орошение, известкование, гипсование);
 - агротехнические мероприятия, направленные на регулирование водного, воздушного и теплового режимов почв;
 - ухудшение условий жизнедеятельности за счет загрязнения почв пестицидами, минеральными удобрениями, тяжелыми металлами, нефтепродуктами;
 - биологическое загрязнение почв чужеродными патогенными и токсикогенными микроорганизмами бытовых и сельскохозяйственных отходов, недоброкачественными компостами, аэрозолями микробиологических производств.

Регулирование биологического режима почв осуществляется мероприятиями, направленными на обеспечение почв оптимальным количеством источников питания (послеуборочные остатки и органические удобрения), регулирование реакции среды (известкование, гипсование и др.), регулирование водного, воздушного и теплового режимов (мелиоративные и агротехнические мероприятия), предотвращение и снижение уровня загрязнения токсикантами, патогенными и токсикогенными микроорганизмами.

21.2. Агрохимические свойства и питательный режим почв

Свойства почв, учитываемые при определении вида, доз и норм минеральных и органических удобрений и химических мелиорантов, получили название – агрохимические. Главными из них являются: содержание гумуса, легкоразлагаемого органического вещества, емкость катионного обмена, состав поглощенных катионов, реакция среды, содержание усвояемых форм элементов питания (азота, фосфора, калия и микроэлементов).

Азот в почвах. Валовое содержание азота в почве тесно связано с содержанием гумуса и изменяется от 0,02-0,05% в песчаных дерново-подзолистых почвах до 0,2-0,5% в пахотном слое черноземов. Основные запасы азота (93-99%) находятся в составе органического вещества (3-5% от его массы). Накопление азота в почве обусловлено биологической аккумуляцией его из свободного азота атмосферы (рис. 21.3).

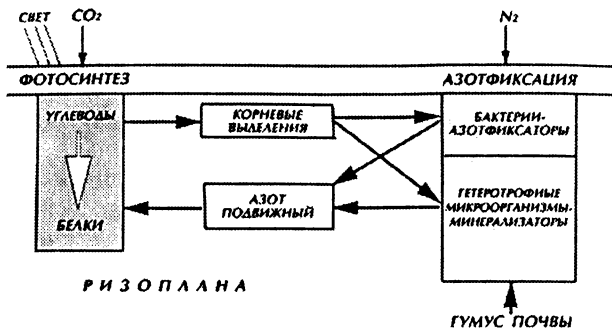


Рис. 21.3. Схема мобилизации азота в системе “почва — микроорганизмы — растение” и взаимосвязь фотосинтеза и азотфиксации (по М.М.Умарову, 1986)

Круговорот азота в природе включает несколько звеньев, в которых главными агентами выступают микроорганизмы (азотфиксаторы, аммонификаторы, нитрификаторы, денитрификаторы). Фиксация атмосферного азота осуществляется клубеньковыми бактериями (до 300 кг/га), свободноживущими азотфиксаторами (от 5-15 до 100 кг/га) и ассоциативными (ризосферными) бактериями — 10-100 кг/га в год (Умаров М.М., 1980).

Разложение азотсодержащих органических соединений приводит к высвобождению азота в форме аммиака (*аммонификация*). Затем аммиак окисляется последовательно до нитритов и нитратов (*нитрификация*). Окисленный азот вновь восстанавливается до газообразной формы в процессе *денитрификации*.

Азот органических веществ недоступен для растений. Основная роль в питании растений принадлежит минеральным формам азота: нитратному (NO₃) и аммиачному (NH₄). Содержание минеральных форм азота в пахотном слое в среднем составляет 30-100 кг/га (5-30 мг/кг почвы). Показатели содержания минеральных форм азота динамичны во времени, их используют для определения необходимости подкормок и для расчета норм азотных удобрений.

Легкогидролизуемый азот является основным резервом доступных для растений форм. Он содержится в легкоразлагаемом органическом веществе: послеуборочных остатках, органических удобрениях, детрите. Существенное количество азота поступает в почвы с атмосферными осадками — до 10-15 кг/га в год, который используется растениями.

Очень остро стоит проблема регулирования азотного питания растений. Недостаток азота резко сказывается на величине

урожая. На получение 1 т зерна вместе с соломой требуется от 30 до 40 кг азота.

Избыток азота, связанный с внесением высоких доз органических (более 100 т/га) и минеральных удобрений, может приводить к загрязнению почв, почвенно-грунтовых вод нитратами и накоплению их в сельскохозяйственной продукции.

Многие азотные удобрения (сульфат аммония, мочевины, безводный аммиак и др.) являются физиологически кислыми и приводят к существенному подкислению реакции почвенного раствора. Поэтому при их применении предусматривают внесение в почву дополнительного количества извести (от 40 до 170 кг на 100 кг удобрений в зависимости от их вида) для нейтрализации кислотности.

От 15 до 25% азотных удобрений теряется в газообразном виде в результате процесса денитрификации. Снижение потерь достигается применением гранулированных удобрений, слаборастворимых азотных туков, дробным внесением удобрений. Предложены и дают положительные результаты химические ингибиторы нитрификации (Э.А.Муравин, 1989).

Далеко не решена проблема биологического азота в земледелии. Регулирование процессов азотфиксации, аммонификации, нитрификации и денитрификации — актуальная задача сегодняшнего дня.

Фосфор в почвах. Валовое содержание фосфора в почвах составляет 0,03-0,2%, или 1-6 т/га в пахотном слое. Основным источником фосфора в почвах служат труднорастворимые минералы группы апатита, главным образом фторапатит. В почве фосфор находится в форме минеральных и органических соединений. Органические соединения представлены нуклеиновыми кислотами, нуклеопротеидами, сахарофосфатами, гумусовыми веществами и др.

Минеральные соединения фосфора содержатся в почвах в виде солей кальция, магния, железа и алюминия ортофосфорной кислоты, в поглощенном состоянии — в виде фосфат-иона, а также в составе минералов апатита, фосфорита и вивианита. В почвах с кислой реакцией среды преобладают фосфаты железа и алюминия, с нейтральной и слабощелочной — фосфаты кальция.

Основная часть как органических, так и минеральных соединений фосфора в почвах недоступна растениям. Фосфор в составе органических соединений становится доступным после их минерализации, с участием ферментов фосфолитаз, фосфотаз, фитаз и др. Мобилизация фосфора из минеральных соединений происходит в основном под действием кислот, продуцируемых микроорганизмами, в том числе углекислоты. Наиболее благоприятная

реакция среды для усвоения фосфат-ионов растениями — слабо-кислая (рН 6-6,5).

Для характеристики уровня обеспеченности почв зонального ряда подвижными (усвояемыми) формами фосфора используют различные вытяжки в связи с разной реакцией среды (от кислой до щелочной) и наличием карбонатов, в южных почвах (табл. 21.1). Кроме того, группировки почв по содержанию элементов питания зависят от требований культур к питанию и выноса элементов питания с урожаем. К культурам невысокого выноса относятся зерновые; к культурам повышенного — корнеплоды, картофель и др.; к культурам большого выноса — овощные, чай, цитрусовые и др. Соответственно, среднее содержание фосфора для зерновых является низким для корнеплодов и картофеля и даже повышенное — для зерновых является низким для овощных и других культур повышенного выноса.

Подвижность, или способность почвенных фосфатов переходить в почвенный раствор (фактор интенсивности) характеризуется фосфатным потенциалом (отрицательный логарифм квадратного корня из произведения растворимости монокальцийфосфата — $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$). Чем выше фосфатный потенциал, тем труднее переходит фосфор в почвенный раствор, тем менее благоприятные условия создаются для питания растений фосфором. Для характеристики фосфатного состояния почв используют фосфатную буферную способность — способность почвы поддерживать постоянную концентрацию фосфора в почвенном растворе, которая зависит от фактора емкости (запаса растворимых фосфатов в твердой фазе почв) и от кинетических параметров — скорости раство-

21.1. Группировка почв по содержанию подвижных форм фосфора

Группа почв*	Содержание подвижных форм фосфора	P_2O_5 , мг/100 г почвы		
		По Кирсанову (в 0,2 н HCl), для дерново-подзолистых и серых лесных почв	По Чирикову (в 0,05 н CH_3COOH), для некарбонатных черноземов	По Мачигину (в 1% $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$), для карбонатных черноземов, каштановых и др. почв
1	Очень низкое	менее 2,5	менее 2	менее 1
2	Низкое	2,5-5	2-5	1,0-1,5
3	Среднее	5-10	5-10	1,5-3,0
4	Повышенное	10-15	10-15	3,0-4,5
5	Высокое	15-25	15-20	4,5-6,0
6	Очень высокое	более 25	более 20	более 6,0

*2 — низкое содержание для зерновых; 3 — низкое содержание для кормовых корнеплодов и картофеля; 4 — низкое содержание для культур большого выноса: овощи, чай, цитрусовые, виноград.

рения фосфорсодержащих соединений почвы.

Доступность фосфора растениям и его ближайшие резервы характеризуются групповым составом фосфатов, который определяется с помощью ряда вытяжек с нарастающей экстрагирующей способностью (Н.Ф.Чириков; К.Е.Гинсбург; Л.С.Лебедева).

Коэффициент использования фосфора из минеральных удобрений очень низкий, всего 15-20% (для азота 50%, калия 60-70%). Это обусловлено прочным связыванием фосфора удобрений в недоступные для растений формы соединениями железа, алюминия, кальция и глинистыми минералами. На получение 1 т зерна вместе с соломой требуется примерно 12 кг фосфора. Запасы фосфорного сырья (апатитов и фосфоритов) очень ограничены.

Первоочередными задачами являются повышение эффективности фосфорных удобрений и мобилизации почвенных фосфатов. Это достигается, в определенной степени, химическими мелиорациями, внесением органических удобрений, повышающих биологическую активность почв, травосеянием, регулированием воздушного режима и другими приемами.

В то же время существуют, так называемые, "зафосфаченные почвы" с повышенным содержанием подвижных форм фосфора, связанного с регулярным внесением высоких норм фосфорных удобрений. В таких почвах нарушается сбалансированное питание растений, возникает недостаток цинка, что приводит к функциональным заболеваниям ряда культур, особенно плодовых (розеточность, мелколиственность) и овощных.

Калий в почвах. Содержание валового калия в пахотном слое почв составляет 0,5-3%. Он входит в состав кристаллической решетки как первичных (полевые шпаты, слюды), так и вторичных минералов (вермикулит, глауконит) в труднодоступной для растений форме. Основным источником доступного для растений калия является обменный, который находится в составе ППК. Обменный калий составляет 0,5-2,5% валового. Необменный, или фиксированный калий труднодоступен для растений, однако он может переходить в обменное состояние и служит ближайшим резервом доступного калия. На получение 1 т зерна вместе с соломой требуется 25-30 кг калия. Для характеристики обеспеченности почв обменным калием разработана группировка почв по его содержанию (табл. 21.2), которая используется при расчетах норм калийных удобрений и составлении агрохимических картограмм содержания обменного калия в почвах. Методы определения обменного калия дифференцированы по зонам в связи с разной реакцией среды и наличием карбонатов.

21.2. Группировка почв по содержанию обменного калия

Группа почв*	Содержание обменного калия	K ₂ O мг на 100 г почвы			
		по Кирсанову	по Масловой	по Чирикову, для некарбонатных черноземов	по Мачигину, для карбонатных черноземов, каштановых и др. почв
		Для дерново-подзолистых и серых лесных почв			
1	Очень низкое	менее 4	менее 5	менее 2	менее 5
2	Низкое	4-8	5-10	2-4	5-10
3	Среднее	8-12	10-15	4-8	10-20
4	Повышенное	12-17	15-20	8-12	20-30
5	Высокое	17-25	20-30	12-18	30-40
6	Очень высокое	более 25	более 30	более 18	более 40

*2 – низкое для зерновых культур; 3 – низкое для кормовых и картофеля; 4 – низкое для овощных, citrusовых, винограда.

Оптимизация калийного питания достигается внесением органических и минеральных удобрений, химическими мелиорациями, мероприятиями, направленными на увеличение емкости катионного обмена и др.

Микроэлементы в почвах. Валовое содержание биофильных микроэлементов в почвах составляет единицы, десятки, реже сотни мг/кг (тысячные, десятитысячные и реже сотые доли %). Они выполняют важные биохимические и физиологические функции в процессах жизнедеятельности живых организмов. Валовое содержание микроэлементов в почвах в основном определяется составом почвообразующих пород, биологическим накоплением, типом водного режима, агрогенными и техногенными факторами.

Однако диагностика условий питания растений проводится не по валовому содержанию (как и макроэлементов), а по содержанию подвижных или обменных форм. Содержание подвижных форм еще в большей степени зависит от условий и факторов почвообразования и составляет десятые доли и единицы мг/кг почвы, за исключением марганца, содержание подвижных форм которого может достигать в пахотном слое более 150 мг/кг почвы (табл. 21.3).

Как недостаток, так и избыток микроэлементов может вызывать не только снижение урожая, но и проявление ряда заболеваний сельскохозяйственных культур, животных, человека.

Для оптимизации питания растений применяют микроудобрения и органические удобрения. Органические удобрения содержат практически весь набор микроэлементов в соотношениях, обеспечивающих сбалансированное питание растений.

21.3. Градации обеспеченности почв подвижными формами микроэлементов для дерново-подзолистых почв (Б.А.Ягодин, И.В.Верниченко, 1989)

Элемент	Валовое содержание, мг/кг	Почвенная вытяжка	Градации обеспеченности, мг/кг почвы				
			очень бедная	бедная	средняя	богатая	очень богатая
B	2-5	H ₂ O	<0,2	0,2-0,4	0,4-0,7	0,7-1,1	>1,1
Cu	1-40	1,0нНCl	<0,9	0,9-2,1	2,1-4,0	4,0-6,6	>6,6
Mo	0,2-3,0	Оксалатная	<0,08	0,08-0,140	0,14-0,30	0,30-0,46	>0,46
Mn	1000-2000	0,1н H ₂ SO ₄	<1,0	1,0-25	25-60	60-100	>100
Co	1,0-20	1,0н HNO ₃	<0,4	0,4-1,0	1,0-2,3	2,3-5,0	>5,0
Zn	20-67	1,0нKCl	<0,2	0,2-0,8	0,8-2,0	2,0-4,0	>4,0

Глава 22. Плодородие почв

Плодородие — это способность почв обеспечивать рост и развитие растений. Оно является главным функциональным свойством почвы, которое обуславливается составом, свойствами и режимами почв, рассмотренными в предыдущих главах. Измеряется плодородие почв продуктивностью фитоценозов и урожайностью сельскохозяйственных культур. Однако, продуктивность и урожайность зависят не только от почвенного плодородия, но и от других факторов жизни растений, которые можно разделить на космические (свет и тепло), атмосферные (количество и режим атмосферных осадков, перераспределение тепла, влажность воздуха, состав почвенного воздуха), литосферные (рельеф, грунтовые воды, почвообразующие породы), биосферные (фитоценоз, взаимоотношения в биоценозах) и антропогенные. Все перечисленные факторы влияют на растение непосредственно (интенсивность фотосинтеза, участие в питании, обеспечении влагой и др.) и через свойства почв и их плодородие, которое формируется под воздействием этих факторов. Продуктивность фитоценозов и урожайность культур могут быть низкими и высокими, соответственно и плодородие может быть низким и высоким, но прямой зависимости между ними нет в связи с действием других факторов на растение. Например, на очень плодородных почвах — черноземах — в засушливые годы может быть очень низкий урожай. В этом случае проявляется действие погодного фактора. При анализе уро-

жайности и продуктивности необходим комплексный подход с учетом всех факторов жизни растения.

22.1. Виды плодородия

Различают следующие виды плодородия: естественное (природное), искусственное, потенциальное, эффективное и экономическое.

Естественное (природное) плодородие – это плодородие, которым обладает почва (ландшафт) в естественном состоянии. Оно характеризуется продуктивностью естественных фитоценозов.

Искусственное плодородие (естественно-антропогенное, по В.Д.Мухе) – плодородие, которым обладает почва (агроландшафт) в результате хозяйственной деятельности человека. По многим показателям оно наследует естественное. В чистом виде – характерно для тепличных грунтов, рекультивированных (насыпных) почв.

Потенциальное плодородие – способность почв (ландшафтов и агроландшафтов) обеспечивать определенный урожай или продуктивность естественных ценозов. Эта способность не всегда реализуется, что может быть связано с погодными условиями, хозяйственной деятельностью. Характеризуется потенциальное плодородие составом, свойствами и режимами почв. Например, высоким потенциальным плодородием обладают черноземные почвы, низким – подзолистые, однако в засушливые годы урожайность культур на черноземах может быть ниже, чем на подзолистых почвах.

Эффективное плодородие – часть потенциального, реализуемая в урожае сельскохозяйственных культур при определенных климатических (погодных) и агротехнологических условиях. Эффективное плодородие измеряется урожаем и зависит как от свойств почв, ландшафта, так и от хозяйственной деятельности человека, вида и сорта выращиваемых культур.

Экономическое плодородие – это эффективное плодородие, измеряемое в экономических показателях, учитывающих стоимость урожая и затраты на его получение.

22.2. Относительный характер плодородия

Относительное плодородие – это плодородие почвы (ландшафта) по отношению к определенному виду растений, растительной ассоциации или группе культур. Требования отдельных

видов или групп культур к почвенным условиям могут существенно различаться. Свойства почв, благоприятные для одних растений, могут лимитировать урожайность других. Например, мох сфагнум прекрасно себя чувствует на верховых болотных почвах с сильнокислой реакцией среды и высокой влажностью, но его нельзя вырастить на почвах с нейтральной или щелочной реакцией среды и с нормальными для большинства культур условиями увлажнения.

В настоящее время все сельскохозяйственные культуры по отношению к условиям питания разделены на три группы:

- 1) культуры невысокого выноса питательных веществ: зерновые, плодовые;
- 2) культуры повышенного выноса: зернобобовые, корнеплоды, картофель, саженцы плодовых;
- 3) культуры большого выноса: овощные, некоторые технические культуры, чай, цитрусовые, виноград.

Соответственно их требованиям к условиям питания дифференцированы группировки почв по содержанию элементов питания (Глава 21). Известно отношение многих групп культурных растений к реакции среды, окислительно-восстановительным условиям, содержанию водорастворимых солей, повышенной плотности и др. Внутри каждой группы сельскохозяйственных культур (зерновые, овощные, плодовые) также существуют различия отдельных культур в требованиях к почвенным условиям. Например, из зерновых культур озимая пшеница характеризуется высокой требовательностью к почвенным условиям, а овес — низкой; из овощных, соответственно — огурцы, томаты и редька, редис. Для большинства пропашных культур оптимальной является нейтральная и близкая к нейтральной реакция среды, а для картофеля — слабокислая. Это создает определенные сложности в регулировании почвенного плодородия, поскольку, как правило, культуры выращиваются в условиях севооборотов, и почвы каждого поля севооборота должны отвечать потребностям всех культур севооборота. Оптимальное сочетание требований культур и особенностей почвенных условий лучше всего может реализоваться в адаптивно-ландшафтных системах земледелия, в которых на первое место ставится задача не изменения свойств почв в соответствии с требованиями культур, а подбор культур для определенных почвенных условий. В качестве примера можно привести многовековой положительный опыт выбора участков под плодовые насаждения, чайные плантации, виноградники, сенокосы и пастбища и др.

22.3. Оптимальные параметры состава, свойств и режимов почв

Оптимальные параметры — это сочетание количественных и качественных показателей состава, свойств и режимов почвы, при котором могут быть максимально использованы все факторы жизни растений и наиболее полно реализованы возможности выращивания сельскохозяйственных культур.

Теоретической основой оптимизации свойств и режимов почв являются законы и экологические принципы земледелия, сформулированные в трудах Ю.Либиха, Г.Гельригеля, Э.Вольни, К.А.Тимирязева, В.Р.Вильямса, Э.А.Митчерлиха и др.

Закон незаменимости факторов жизни растений. Отсутствие одного из факторов (свет, вода, тепло, питание и др.) приостанавливает рост и развитие организма. Ни один из факторов жизни растений не может быть заменен другим.

Закон минимума, оптимума и максимума. Зона оптимума фактора жизни растений занимает определенный интервал, в границах которого рост и развитие растений, при обеспеченности их другими факторами, будут наиболее активными.

Закон совокупного действия и оптимального сочетания факторов. Изменение одного из факторов жизни растений влечет за собой изменение действия других. Наибольшая эффективность действия — при оптимальном сочетании факторов.

Закон лимитирующего фактора. Недостаток одного фактора снижает положительное влияние всех других. Выявление и устранение лимитирующего фактора дает необходимый и наибольший эффект.

Закон соответствия (адекватности) культуры среде произрастания. Условия местообитания растений должны соответствовать биологическим требованиям растений.

Закон возврата. Вынос элементов питания с урожаем, а также другие потери веществ, связанные с деятельностью человека (эрозионные, усиление растворимости и вымывания и др.), приводят к снижению уровня плодородия и должны устраняться внесением соответствующих удобрений и другими агротехническими и мелиоративными приемами.

Кроме перечисленных законов существует ряд экологических принципов, которыми руководствуется научное земледелие: плодосмен, уничтожение и подавление конкурентов (сорных растений) возделываемых культур, защита сельскохозяйственных растений от вредителей и болезней, сохранение и восстановление структуры почвы и др., направленные на оптимизацию

свойств почв и условий роста и развития растений, реализующихся в урожае.

Как уже отмечалось, многие оптимальные параметры могут различаться в зависимости от требований культуры или группы культур. Очевидна возможность различий оптимальных параметров для почв отдельных природных зон и даже элементов ландшафта в связи с разными климатическими, погодными и другими условиями. Например, известно, что в условиях южной тайги оптимальными для большинства культур являются легко- и среднесуглинистые почвы, а в лесостепи — глинистые. Очевидна необходимость дифференциации оптимальных параметров для почв разного гранулометрического состава и с разным содержанием гумуса.

Тем не менее большинство культур, возделываемых человеком, обладает многими общими требованиями к почвенным условиям, что дает возможность определять диапазон оптимальных параметров свойств почв для преобладающего числа культур. Это можно объяснить тем, что основная часть урожая предназначена для питания человека и животных, и многовековой отбор культурных растений привел к общности их требований к почвенным условиям. Нахождение оптимальных параметров состава, свойств и режимов почв для отдельных групп и видов культур является одной из главных задач современного агрономического почвоведения.

В табл. 22.1 перечислены только наиболее общие, установленные к настоящему времени показатели оптимальных параметров состава, свойств и режимов почв для большинства культур. Имеющиеся сведения об их дифференциации в зависимости от требований культур частично были приведены в соответствующих главах и некоторые будут приведены в последующих.

22.4. Факторы, лимитирующие плодородие почв

К факторам, лимитирующим плодородие почв, относятся показатели состава, свойств и режимов почв, снижающие урожай культурных растений и биопродуктивность естественных фитоценозов. В первом приближении их можно обозначить как отклонения от оптимальных показателей. Степень отклонения характеризует уровень лимитирующего фактора и степень снижения урожая. Теоретической основой исследований факторов, лимитирующих почвенное плодородие, являются законы лимитирующего фактора и совокупного действия и оптимального соче-

22.1. Оптимальные параметры состава, свойств и режимов почв

Состав, свойства и режимы почв	Оптимальные параметры
Минералогический состав	Наличие полевых шпатов, роговых обманок, глинистых минералов с высокой ЕКО, кальцита
Гранулометрический состав	От супесчаных до глинистых в зависимости от условий увлажнения
Химический состав	Полизлементный с отсутствием дефицита и избытка кальция и магния, загрязнения тяжелыми металлами, радионуклидами и другими токсикантами. Содержание гумуса, превышающее критическое на 1% и более. Содержание ЛОВ более 0,2-0,4%
Физико-химические свойства	ЕКО более 10 мг-экв для супесчаных и более 15 мг-экв для суглинистых. Преобладание в составе ППК кальция и магния. Степень насыщенности основаниями более 55-70%. Реакция среды – близкая к нейтральной
Агрохимические свойства	Оптимальное содержание элементов питания в соответствии с зональными группировками
Общие физические свойства	Общая порозность 55-65%, плотность 1,0-1,3 г/см ³
Структура	Содержание агрономически ценных водопрочных агрегатов (0,25-10 мм с порозностью более 45%) более 55% массы почвы
Водные свойства и запасы влаги	Запасы воды в диапазоне ВРК–НВ, 30-50 мм в пахотном слое, 100-200 – в метровом
Воздушные свойства и состав почвенного воздуха	Порозность аэрации более 20% объема почвы. Содержание CO ₂ 0,03-2(3)%; O ₂ – 19-20%
Окислительно-восстановительные условия	ОВП (Еh) 400-600 мВ

тания факторов жизни растений.

Следует различать общепланетарные лимитирующие факторы, характерные для почв всех природных зон, внутризональные (региональные), характерные для определенных зон и регионов, и местные, характерные для небольших территорий.

К общепланетарным можно отнести: недостаточную обеспеченность элементами питания, повышенную плотность, неудовлетворительную структуру, пониженное содержание легкоразлагаемого органического вещества.

К внутризональным (региональным) – повышенную кислотность, повышенную щелочность, недостаток и избыток влаги, эродированность и дефлированность почв, каменистость, засоленность, солонцеватость и др.

К местным факторам, лимитирующим почвенное плодородие, можно отнести локальное загрязнение почв радионуклидами и тяжелыми металлами, нефтепродуктами, нарушение почвенного покрова горными выработками и др.

Для ряда свойств почв и режимов определены **критические** уровни показателей, при которых резко ухудшаются другие агрономически важные свойства и режимы почв и резко снижается урожай растений или его качество (табл. 22.2).

В почвах с низким естественным плодородием выделяют освоенные, окультуренные и культурные разности. Освоенные почвы формируются в условиях низкой агротехники, при нерегулярном внесении невысоких доз органических и минеральных

22.2. Критические уровни показателей состава, свойств и режимов почв

Состав, свойства и режимы почв	Критические параметры
Минералогический состав	Преобладание кварца, более 98%
Гранулометрический состав	Песчаные почвы в аридных областях, глинистые – в гумидных. Высокая степень каменистости
Химический состав	Преобладание оксидов кремния (более 98%). Содержание гумуса менее 1% в почвах с фульватным составом гумуса и менее 2% — с гуматным. Содержание ЛОВ менее 0,1%. Содержание водорастворимых солей более 0,6-2% в зависимости от вида солей. Повышенные концентрации тяжелых металлов и токсикантов, превышающие ПДК, и радионуклидов
Физико-химические свойства	ЕКО менее 5 мг-экв/100 г почвы. Степень насыщенности основаниями менее 50%, pH_{KCl} ниже 4,5-5. Содержание обменного натрия более 10-15% от ЕКО, сильнощелочная реакция среды pH_{H_2O} более 8,5
Агрохимические свойства	Содержание элементов питания очень низкое и низкое в соответствии с зональными группировками обеспеченности
Общие физические свойства	Плотность более 1,4-1,5 г/см ³ , общая порозность менее 40%
Структура	Содержание агрономически ценных агрегатов менее 40%
Водные свойства и запасы влаги	Влажность, соответствующая ВЗ, водопроницаемость – ниже 30 мм/час
Воздушные свойства и состав почвенного воздуха	Порозность азрации менее 15%. Содержание CO ₂ более 3%; O ₂ — менее 10-15%
Окислительно-восстановительные условия	ОВП (Eh) ниже 250 мВ

удобрений. Окультуренные и культурные — формируются при высокой агротехнике, регулярном внесении органических и минеральных удобрений и проведении необходимых мелиоративных мероприятий (осушение, орошение, известкование, внесение высоких доз торфа, пескование глинистых почв, глинование — песчаных и др.). В результате мероприятий, направленных на устранение лимитирующих факторов, плодородие окультуренных почв существенно выше по сравнению с освоенными аналогами.

Процесс противоположный окультуриванию предложено называть выпахиванием. Выпахивание — снижение уровня плодородия пахотных почв, ухудшение агрономических свойств (снижение содержания гумуса, обесструктуривание, переуплотнение, почвоутомление) в результате использования их при низком уровне поступления источников гумуса (органических удобрений и послеуборочных остатков) в течение ряда лет. В настоящее время ведутся научные исследования по количественной оценке степени выпаханности. Выпаханными могут быть как освоенные, так и в разной степени окультуренные почвы. В выпаханных почвах наиболее часто проявляется почвоутомление и фитотоксичность почв, резко снижающие урожай растений.

Почвоутомление — многофакторное явление, проявляющееся в агроценозах, особенно в условиях монокультуры. А.М.Гродзинский (1965), В.Т.Лобков (1964) выделяют следующие, наиболее существенные причины почвоутомления:

- односторонний вынос питательных элементов, нарушение сбалансированного питания растений;
- изменение физико-химических свойств почв, сдвиг pH;
- ухудшение структуры и водно-физических свойств почв;
- нарушение биологического режима, развитие патогенной микрофлоры (грибов *Fusarium*, *Penicillium* и др., бактерий *Pseudomonas*, некоторых актиномицетов);
- накопление фитотоксичных веществ (колинов) — производных фенолов, хинонов и нафтизина, обуславливающих токсичность почв;
- размножение вредителей и злостных сорняков.

Почвоутомление рассматривается как результат нарушения экологического равновесия в системе почва-растение вследствие одностороннего воздействия на почву культурных растений.

22.5. Атмосферные, литосферные, биосферные и антропогенные факторы продуктивности фитоценозов и урожайности сельскохозяйственных культур

Атмосферные факторы. Обычно они рассматриваются вместе с космическими, как погодно-климатические: солнечная радиация, количество и распределение атмосферных осадков, сумма активных температур, годовой ход температур, длительность безморозного периода, относительная влажность воздуха, условия перезимовки растений, ветровой режим. К атмосферным факторам относится и состав атмосферного воздуха (углекислый газ, нитраты, аммиак, аэросуспензии и аэрозоли, водорастворимые соли и др.).

Солнечная радиация — основной источник тепла и света. Интенсивность радиации зависит от широты местности, характера подстилающей поверхности, облачности, времени суток, времени года. Наибольшие различия наблюдаются в приходе прямой солнечной радиации на северные и южные склоны. Южные — получают больше солнечной радиации по сравнению с прямой поверхностью, а северные — меньше.

Растения в процессе фотосинтеза усваивают только часть приходящей энергии солнца, которая называется фотосинтетически активной (ФАР). ФАР — световые лучи с длиной волны от 0,38 до 0,71 мкм. Часть ФАР, используемую растениями для фотосинтеза и выраженную в процентах, называют коэффициентом использования ФАР. По А.А.Ничипоровичу, посеvy сельскохозяйственных культур по использованию ФАР можно разделить на следующие группы: обычные 0,5-1,5%; хорошие — 1,5-3,0; рекордные 3,5-5,0 и теоретически возможные — 6-8%. Величина ФАР зависит от широты местности и на территории России изменяется от 0,4-0,6 млн МДж/га в тундре до 2,5-2,9 млн МДж/га на Северном Кавказе.

По приходу ФАР производят расчеты потенциальной биологической урожайности. При коэффициенте использования ФАР 3% она составляет от 10-15 т/га в год в северной тайге до 30-35 т/га в год сухого вещества на Северном Кавказе. В тропиках возможная биологическая продуктивность при коэффициенте использования ФАР 3% может составлять 45-67 т/га в год.

Обеспеченность теплом. Кроме суммы активных температур воздуха, которая отличается от суммы активных температур почвы за период вегетации, на продуктивность агроландшафтов

вливают адвективные, радиационные и адвективно-радиационные заморозки. Адвективные — обусловлены наступлением волны холода с температурой ниже 0°C, радиационные — интенсивной отдачей тепла с поверхности в безветренные ясные ночи. Наиболее подвержены заморозкам отрицательные формы рельефа. Условия перезимовки растений определяются температурами воздуха и высотой снежного покрова.

Обеспеченность влагой. Кроме количества осадков и их распределения по месяцам большое значение имеет относительная влажность воздуха. Многие культуры, в частности чайный куст, виноград, требуют повышенной влажности воздуха — 60-80%.

Ветровой режим существенно влияет на урожайность культурных растений. При высоких скоростях ветра наблюдается полежание посевов, повреждение цветков и завязей плодовых и других растений. Суховеи действуют на транспирацию и фотосинтез растений, ухудшают качество и снижают урожай.

Литосферные факторы — рельеф, грунтовые воды, почвообразующие породы. Они влияют на растение не только опосредованно, через почву, но и прямо.

Рельеф — перераспределитель тепла и влаги. Он формирует микроклиматические условия. Разные элементы рельефа отличаются не только влажностью почв, но и влажностью приземного слоя воздуха. Различия в температурах разных форм рельефа могут достигать 3-5°C, в длительности безморозного периода — 15-25 дней, в суммах температур в безморозный период — 150-200°C.

Почвообразующие породы. Глубина их залегания, карбонатность, засоленность, сложение учитываются при выборе участков под плодовые культуры. Установлено, что многие почвообразующие породы обладают плодородием. Например, эффективное плодородие лессов и лессовидных суглинков, аллювиальных отложений при внесении минеральных удобрений соизмеримо с плодородием гумусовых горизонтов черноземов (Бекеревич Н.Е., Масюк Н.Т., 1983). В.А.Ковда объясняет плодородие почвообразующих пород, как остаточное от древних стадий почвообразования.

Грунтовые воды. Глубина их залегания, степень минерализации, состав солей учитываются в мелиоративной практике при землеустройстве территорий. Эти показатели оказывают большое влияние на рост и развитие плодовых культур и являются ведущими при выборе участков под плодовые насаждения.

Литосферные факторы плодородия труднее поддаются или вообще не поддаются регулированию, поэтому их необходимо максимально учитывать в системах земледелия.

Биосферные факторы — эволюция фитоценозов, внутривидовая и межвидовая конкуренция, паразитизм, симбиоз, аменсализм и другие взаимоотношения в биоценозах оказывают значительное влияние на их продуктивность. Например, паразитарный комплекс *Choristoneura murinana*. В Европе гусеница этой бабочки наносит большой ущерб лиственнице. Аменсализм — это явление, состоящее в торможении роста одного вида (аменсала) продуктами выделения другого. Например, ястребинка (*Hieracium pilosella*) из семейства сложноцветных благодаря выделению корнями токсичных веществ вытесняет другие однолетние растения и образует чистые заросли на довольно больших площадях (Р.Дажо, 1975).

Антропогенные факторы прямого воздействия на растения оказывают влияние как на продуктивность естественных фитоценозов (пожары, загрязнение атмосферы токсикантами, вырубка леса и т.д.), так и на урожай культурных растений (вид растения, сорт, качество семян, севообороты, борьба с сорной растительностью, вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур, внекорневые подкормки и др.).

Часть III. ОСНОВЫ ГЕОГРАФИИ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ ЗОНАЛЬНОГО РЯДА

Глава 23. Классификация почв

Классификация почв — это группировка почв в соответствии с определенной системой таксономических единиц и принципами классификации (класс, тип, подтип, род и т.д.).

Близкую классификации смысловую нагрузку имеет термин “**систематика почв**”. В отечественном почвоведении систематикой почв часто называют группировку почв ниже почвенного типа. **Таксономия** — система соподчиненных таксономических единиц (таксонов) разного уровня (тип, подтип, род и др.).

Классификационная проблема остается одной из наиболее дискуссионных как в России, так и в мировом почвоведении из-за различий в принципах, положенных в основу классификации почв мира. Большинство стран пользуются национальными классификациями. Первая научная классификация почв была разработана В.В.Докучаевым. В каждой природной зоне им были выделены зональные типы почв (подзолистые, черноземы, каштановые и др.). В основу выделения типов почв (основной единицы классификации) положены их генезис (происхождение) и факторы почвообразования. Поэтому классификация В.В.Докучаева получила название генетической. В дальнейшем это направление в России развивали Н.М.Сибирцев (1895), А.Н.Сабанин (1908), К.Д.Глинка (1915), С.С.Неуструев (1926), С.А.Захаров (1927), И.П.Герасимов (1939), Е.Н.Иванова, Н.Н.Розов (1957) и др. К.Марбут (1935) в США, Е.Раманн (1901) в Германии. Эти же принципы положены в основу “Классификации почв СССР” (1977), составленной коллективом авторов (В.М.Фридланд, Е.Н.Иванова, Н.Н.Розов и др.), которая используется при проведении почвенных обследований до настоящего времени.

Параллельно развивались и другие направления классификации, которые различались принципами, положенными в их основу: геолого-петрографическое — Е.Гильгарт (1896), В.А.Ковда (1967); профилльно-генетическое (субстантивно-генетическое) —

П.С.Коссович (1910), К.К.Гедройц (1925), В.Кубиена (1955), Ф.Дюшофур (1962), М.А.Глазовская (1986), В.М.Фридланд (1985) Л.Л.Шишов, И.А.Соколов (1989). Детально рассмотрено развитие классификации почв в обзорах Б.Г.Розонова (1988), Г.В.Добровольского и С.Я.Трофимова (1996).

Наибольший интерес вызывает классификация почв мира, разработанная Американской службой охраны почв (Soil taxonomy, 1975). В ее основу положены субстантивно-генетические принципы: почвы ранжируются на основании морфологических признаков, состава и свойств диагностических горизонтов с учетом водного и теплового режимов, а также химических и физических свойств почв, важных для развития растений. Один из ведущих почвоведов России географо-генетического направления И.А.Соколов (1997) так оценивает достоинства этой классификации: "а) ее таксономическая система основана на генетических принципах, что обеспечивает ее высокий научный уровень; б) почвы диагностируются по их собственным количественно измеряемым (по стандартным методикам) свойствам, что обеспечивает объективность и воспроизводимость результатов; в) классификация представляет собой исчерпывающую систему, включает в себя все почвы мира, что делает возможным ее использование в любых регионах и любых природных обстановках; г) используется рациональная терминология; полное наименование почвы соответствует ее месту в таксономической системе; д) терминология основана на корнях мертвых языков, что снижает проблему национального престижа, резко повышая шансы на признание этой классификации в качестве международной; имеется краткий, удобный ключ-определитель, который периодически совершенствуется и переиздается".

Несмотря на очевидные достоинства и широкую известность американская классификация не получила международного признания в странах со сложившимися научными классификациями, что в значительной степени обусловлено консерватизмом национальных школ. Считается, что международная классификация должна разрабатываться совместными силами научных школ разных стран с учетом их собственных традиций. В настоящее время усилена работа по созданию международной классификации под эгидой ФАО-ЮНЕСКО, в связи с необходимостью инвентаризации почвенного покрова Земли для решения продовольственной и экологической проблем. Интернациональным коллективом авторов составлена Почвенная карта мира (масштаб 1:5 млн.). Диагностика и номенклатура почв в легенде Почвенной карты ФАО-ЮНЕСКО

базируется на концепции американской классификации с использованием подходов национальных школ, в том числе российской.

Ниже приведен “Список основных почвенных групп” (“Мировая реферативная база” — WRB), разработанный на базе обновленной легенды ФАО, 1998, и их примерные эквиваленты (по В.С.Столбовому, 2000) в существующей классификации почв России.

Криосоли	Мерзлотные (криогенные) почвы
Регосоли	Слаборазвитые почвы (дерновые карбонатные, дерновые литогенные и др.)
Глейсоли	Глеевые почвы (дерновые глеевые, тундровые торфянисто-глеевые и др.)
Лептосоли	Слаборазвитые каменистые (арктические каменистые, рендзины, буроземы каменистые и др.)
Ареносоли	Слаборазвитые песчаные почвы
Андосоли	Вулканические почвы
Подзолювисоли (глоссосоли, альбелювисоли)	Подзолистые почвы (дерново-подзолистые, подзолистые)
Подзолы	Альфегумусовые почвы (подбуры и подзолы на песчаных и супесчаных отложениях)
Файоземы (включают грейземы)	Лугово-черноземные, лугово-каштановые, лугово-черноземовидные “Амурских прерий” (брюниземы и серые лесные почвы)
Камбисоли	Сиаллитно-оглиненные почвы (буроземы, коричневые, серо-коричневые)
Планосоли	Псевдоглеевые почвы, подбелы и солоды, черноземы осолоделые
Гистосоли	Болотные торфяные почвы
Черноземы лювиковые	Черноземы выщелоченные и оподзоленные
Черноземы черниковые	Черноземы типичные, обыкновенные и южные
Каштаноземы	Каштановые почвы
Кальцисоли	Бурые полупустынные
Солончаки гапλικовые	Солончаки типичные
Солончаки глейиковые	Солончаки болотные
Солонцы гапλικовые	Солонцы каштановые и полупустынные
Солонцы гумиковые	Солонцы черноземные

Солонцы глейиковые	Солонцы гидроморфные и полугидроморфные
Антросоли	Антропогенные почвы
Антросоли артиковые	Старопахотные
Антросоли кумуликовые	Староорошаемые
Антросоли фимиковые	Садово-огородные (унавоженные)
Антросоли умбриковые	Насыпные и срезанные
Флювиосоли	Аллювиальные почвы
Алисоли	Желтоземы
Нитосоли	Красноземы
Вертисоли	Черные слитые глинистые почвы
Гипсосоли	Гипсоносные почвы
Умбрисоли	Дерновые глеевые оподзоленные

В 1997 году опубликована “Классификация почв России” (составители Л.Л.Шишов, В.Д.Тонконогов, И.И.Лебедева). В основу этой классификации положены субстантивно-генетические принципы, в соответствии с которыми “разделение почв проводится в связи с оценкой их диагностического профиля, как совокупности горизонтов, отражающих в своих свойствах процессы, которые их сформировали”. Авторами классификации разработана система естественных и аграрно-преобразованных типодиагностических горизонтов и признаков, позволяющих выделять почвы на типовом и подтиповом уровнях. В классификации приведены более конкретные определения таксономических единиц по сравнению с существующими. Всего выделено на территории России 172 типа почв. Однако в предложенной классификации, в отличие от действующей, не учитываются факторы почвообразования, которые длительное время, начиная с Докучаева, использовались в качестве диагностических, что обострило дискуссии по этой проблеме. При этом почвы потеряли “прописку” — географическое местоположение. Вызывают дискуссии и классификационные построения авторов как на типовом и подтиповом уровнях, так и на более высоких (отдел, ствол).

Официально утвержденной и действующей в настоящее время является “Классификация и диагностика почв СССР (1977)”. В ней систематизировано около 80 типов почв, которые сгруппированы в зонально-экологические группы (таежно-лесные, лесостепные, степные, сухо-степные и др.). Зонально-экологические

группы характеризуются типом растительности, суммой активных температур почвы на глубине 20 см, длительностью отрицательных температур на той же глубине и коэффициентом увлажнения. Они учитывают зональные и фациальные экологические условия.

Внутри зонально-экологических групп почвы разделяются на био-физико-химические группы по био-физико-химическим свойствам (гуматные, фульватные, засоленные и др.) и на ряды по условиям увлажнения (автоморфные, гидроморфные, полугидроморфные, пойменные, аллювиальные) (табл. 23.1).

23.1. Классификация почв России и стран СНГ (основные типы по "Классификации и диагностике почв СССР", 1977)

Био-физико-химические группы	Зональные экологические группы		
	Генетические ряды почв по режиму увлажнения		
	Автоморфные	Полугидроморфные	Гидроморфные
Таежно-лесные — северо-среднетаежные — очень холодные, холодные — СТП 400-1200°, ДМП — 2-8, КУ 0,77-1,33 и южнотаежные — умеренно холодные, умеренные и умеренно теплые — СТП 1200-2700°, ДМП — 2-8, КУ 1,00- 1,33*			
Фульватные кислые	Подзолистые	Болотно-подзолистые	
Фульватные кислые мерзлотные	Мерзлотно-таежные	Мерзлотно-таежные заболоченные	
Фульватно-гуматные мерзлотные	Мерзлотно-таежные палевые		
Гуматно-фульватные	Дерново-подзолистые		
Фульватно-гуматные остаточнокarbonатные	Дерново-карбонатные	Дерново-глеевые	
Фульватные органогенные			Болотные верховые
Фульватно-гуматные органогенные			Болотные низинные
Буроземно-лесные умеренно холодные, умеренные, умеренно теплые и теплые СТП 1600-3400°, ДМП 1-5, КУ 1,0-1,33			
Фульватные кислые	Бурые лесные (буроземы)	Бурые лесные глеевые	Влажно-луговые темные
Фульватно-гуматные ненасыщенные гумусированные		Луговые черноземновидные темные	
Фульватные кислые оподзоленные	Подзолисто-бурые лесные	Подзолисто-бурые лесные глееватые	
Фульватно-гуматные органогенные			Болотные низинные

Лесостепные холодные, умеренно холодные, умеренные, умеренно теплые и теплые — СТП 800-4400°, ДМП 1-8, КУ 0,77-1,00 и степные — умеренно теплые, теплые и очень теплые — СТП 1600-4400°, ДМП 1-8, КУ 0,44-0,77			
Фульватно-гуматные поверхностнонасыщенные гумусированные	Серые лесные	Серые лесные глееватые	Лугово-болотные
Гуматные нейтральные повышено-гумусированные	Черноземы	Лугово-черноземные	Луговые
Гуматно-фульватные солонцовые	Солонцы черноземные	Солонцы лугово-черноземные	Солонцы черноземно-луговые**
Гуматно-фульватные осолоделые		Солоди луговые	Солоди лугово-болотные
Гуматно-фульватные засоленные			Солончаки гидроморфные
Сухостепные умеренные, умеренно теплые, теплые и очень теплые — СТП 1600-4400°, ДМП 1-8, КУ 0,22-0,44			
Гуматные нейтральные и слабо-щелочные гумусированные	Серые лесные	Серые лесные глеевые	Луговые
Гуматно-фульватные солонцовые	Солонцы каштановые	Солонцы лугово-каштановые	Солонцы каштаново-луговые
Гуматно-фульватные засоленные			Солончаки гидроморфные
Гуматно-фульватные осолоделые		Солоди луговые	Солоди лугово-болотные
Гуматно-фульватные засоленные			Солончаки гидроморфные
Полупустынные умеренно теплые и теплые — СТП — 2100-3400°, ДМП 1-8, КУ 0,12-0,22			
Фульватно-гуматные карбонатные	Бурые полупустынные	Лугово-бурые	Луговые
Гуматно-фульватные солонцовые	Солонцы полупустынные	Солонцы лугово-полупустынные	
Гуматно-фульватные засоленные	Солончаки автоморфные		Солончаки гидроморфные
Пустынные очень теплые, субтропические и тропические жаркие — СТП 3400-7200°, ДМП 0-5, КУ 0,12			
Гуматно-фульватные карбонатно-гипсовые	Серо-бурые пустынные	Лугово-пустынные	Луговые пустынные
Гуматно-фульватные отакыренные	Такыровидные пустынные	Такыры	
Гуматно-фульватные засоленные	Солонцы автоморфные		Солончаки гидроморфные (пустынные)
Полупустынные субтропические — теплые, субтропические и субтропические жаркие — СТП 3400-7200°, ДМП 0-2, КУ 0,12-0,22			
Гуматно-фульватные карбонатные	Сероземы	Лугово-сероземные	Луговые
Фульватные засоленные	Солончаки автоморфные		Солончаки гидроморфные

Кустарниково-степные субтропические и субтропические жаркие —
СТП 4400-7200°, ДМП 0, КУ 0,22-0,44

Фульватно-гуматные гумусированные	Серо- коричневые	Лугово-серо- коричневые	Луговые
Ксерофитно-лесные субтропические — СТП 4400-7200°, ДМП 0, КУ 0,44-1			
Гуматные нейтральные повышенногумусированные	Коричневые	Лугово-коричневые	Луговые
Влажно-лесные субтропические — СТП 4400-5600°, ДМП 0, КУ 1 — 1,33			
Фульватные кислые ферралитные	Красноземы		
Фульватные кислые ферсиаллитные	Желтоземы	Желтоземы глееватые	
Фульватные кислые сиаллитные	Подзолисто- желтоземные	Подзолисто- желтоземные глееватые	
Фульватно-гуматные органогенные			Болотные низинные

*СТП — сумма температур выше 10° на глубине 20 см (по В.Н.Димо и Н.Н.Розову). ДМП — длительность отрицательных температур в почве на глубине 20 см, в месяцах (по В.Н. Димо). КУ — коэффициент увлажнения по Г.Н. Высоцкому и Н.Н.Иванову

**Солонцы по рядам увлажнения выделяются на уровне типа (автоморфные, полугидроморфные и гидроморфные), а по зональным признакам и свойствам — на уровне подтипа (солонцы черноземные, солонцы каштановые и т.п.).

Примечание. Приняты следующие градации сумм температур почв выше 10° на глубине 20 см для характеристики их температурного режима: субарктические (0-400°), очень холодные (400-800°), холодные (800-1200°), умеренно холодные (1200-1600°), умеренные (1600-2100°), умеренно теплые (2100-2700°), теплые (2700-3400°), очень теплые (3400-4400°), субтропические (4400-5600°), субтропические жаркие (5600-7200°).

Система таксономических единиц действующей классификации почв в России была установлена Межведомственной комиссией по номенклатуре, систематике и классификации почв при Академии наук СССР в 1958 году.

Основной таксономической единицей классификации является генетический тип почв, установленный еще В.В.Докучаевым.

Тип почв — это группа почв, которая развивается “в однотипно сопряженных биологических, климатических и гидрологических условиях и характеризуется ярким проявлением основного процесса почвообразования при возможном сочетании с другими процессами”.

Характерные черты почвенного типа определяются: 1) однотипностью поступления органических веществ, их превращения и разложения; 2) однотипным комплексом процессов разложения минеральной массы и синтеза минеральных и органико-минеральных новообразований; 3) однотипным характером миграции и аккумуляции веществ; 4) однотипным строением почвенного профиля; 5) однотипной направленностью мероприятий по повышению и поддержанию плодородия почв.

Подтип почв — эта группа почв в пределах типа, качественно отличающаяся по проявлению основного и налагающегося процессов почвообразования и являющаяся переходной между типами. При выделении подтипов учитывают процессы, связанные как с подзональной, так и с фациальной сменой природных условий.

Роды почв — группы почв в пределах подтипа, особенности которых определяются комплексом местных условий (состав почвообразующих пород, химизм грунтовых вод, вертикальная и латеральная миграция и аккумуляция веществ и др.).

Виды почв — группы почв в пределах рода, различающиеся свойствами, обусловленными степенью развития почвообразовательных процессов (уровень гумусированности, мощность гумусовых и элювиальных горизонтов и др.).

Разновидности почв — группы почв в пределах вида, различающиеся по гранулометрическому составу поверхностных горизонтов.

Разряды — группы почв в пределах разновидности, различающиеся генезисом и свойствами почвообразующих пород.

Номенклатура почв. В основу научной номенклатуры почв В.В. Докучаев и Н.М. Сибирцев положили русские, в основном цветовые народные названия (черноземы, подзолы и др.) или экологические и ландшафтные (тундровые, луговые). При выделении фациальных подтипов были использованы термины, характеризующие различия в тепловом режиме (теплые, холодные); названия родов характеризуют определенные свойства почв (солонцеватые, карбонатные и др.); названия видов — степень проявления определенных свойств (малогумусированные, среднеспособные и др.). Разновидности называют в соответствии с классификацией почв по гранулометрическому составу (песчаные, суглинистые и т.д.); разряды — по свойствам и генезису почвообразующей породы (моренный суглинок, лессовидный суглинок и др.).

Полное название почв производится с учетом их таксономических уровней, начиная с типа. При этом если таксоны более низкого уровня характеризуются свойствами вышестоящего, то их названия опускаются. Например: чернозем (тип) типичный (подтип) обычный (род из названия опускается), а если карбонатный (род в названии остается), среднеспособный (вид), среднесуглинистый (разновидность) на тяжелом лессовидном суглинке (разряд).

Диагностика почв. В качестве диагностических показателей используются морфологические признаки, гранулометрический, химический и минералогический составы почв, содержание и состав органического вещества, физико-химические свойства, содержание и состав водорастворимых солей, степень эродирован-

ности, показатели гидротермического режима.

В данном учебнике описание почв проведено в соответствии с действующим руководством “Классификация почв СССР (1977)”. На основе этого руководства составлены все крупномасштабные почвенные карты России, которые используются для агрономических целей.

Глава 24. Общие закономерности географического распространения почв. Почвенно-географическое районирование

Все многообразие почв в природе возникло в результате различий в географическом положении и природных условиях. Изучение закономерностей распространения почв входит в задачу важнейшего раздела почвоведения — географии почв, в котором четко определились следующие ведущие направления: учение о зональности почвенного покрова; о вертикальной поясности; о почвенно-биоклиматических фациях и провинциях; учение о структуре почвенного покрова. По каждому из этих направлений сформулированы законы географии почв:

- закон горизонтальной (широтной) почвенной зональности;
- закон фациальности почв;
- закон вертикальной почвенной зональности;
- закон аналогичных топографических рядов.

Закон горизонтальной зональности был сформулирован В.В.Докучаевым в 1898 году. Этот закон гласит, что типы почв распространены на поверхности земли полосами (зонами), имеющими широтное простираие и последовательно сменяющимися друг друга с севера на юг в соответствии с изменениями климата, растительности и других условий почвообразования. Последующие исследования показали, что почвенные зоны не всегда имеют широтное распространение, а в некоторых случаях принимают меридианальное (Северная Америка), в связи с влиянием океанов и горных систем на биоклиматические условия и почвенный покров. Поэтому термин “широтная” почвенная зональность был заменен на термин “горизонтальная” почвенная зональность, в отличие от вертикальной. Наиболее четко широтная зональность почв проявляется в Европейской части России и в Западной Сибири.

Закон фациальности почв (по Л.И.Прасолову и И.П.Герасимов-

ву, 1945) заключается в том, что провинциальные (фациальные) особенности климата, обусловленные термодинамическими атмосферными процессами, связанными с влиянием океанов и горных систем, вызывают во многих частях почвенно-климатических поясов осложнение широтной зональности, вплоть до формирования особых типов почв. Части почвенно-географических поясов с индивидуально выраженным спектром почв в почвенно-географическом районировании называются почвенно-биоклиматическими областями. Внутризональные подразделения, основанные на том же принципе фациальности, получили название почвенные провинции. И.П.Герасимов выделил на равнинных территориях России и прилегающих стран девять почвенно-климатических фаций, которые впоследствии получили отражение в почвенно-биоклиматических областях и почвенных провинциях.

Закон вертикальной почвенной зональности установлен В.В.Докучаевым в 1899 г. на основе исследований почв Кавказа. Этот закон гласит, что в горных системах основные типы почв распространены в виде высотных поясов (зон), последовательно сменяющих друг друга от подножья гор к вершинам в соответствии с изменением климата и растительности. Число вертикальных почвенных поясов зависит от местоположения горной системы и высоты местности.

Закон аналогичных топографических рядов почв сформулирован в 1927 году С.А.Захаровым. Сущность его в том, что в разных почвенных зонах состав почвенного покрова различен, но распределение почв по элементам рельефа имеет аналогичный характер. На возвышенных элементах рельефа формируются почвы автоморфные (генетически автономные), в нижних частях склонов — полугидроморфные и гидроморфные (генетически подчиненные), зависящие от привноса веществ с поверхностным и внутрипочвенным стоком. Закон аналогичных топографических рядов является одним из главных принципов, используемых в крупномасштабной картографии. Этот закон стал основой учения о структуре почвенного покрова, определяемой мезо- и микрорельефом. Кроме того, на его основе были сформулированы положения о том, что почвенная зона включает не один зональный тип, а целый комплекс родственных типов (Я.Н.Афанасьев, 1930).

Ю.А.Ливеровский (1964) предложил понимать почвенную зону как ареал сочетаний зональных (плакорных) и интразональных (внутризональных) типов почв. Например, в таежно-лесной зоне такими сочетаниями могут быть подзолистые почвы водоразделов и болотно-подзолистые — нижних частей склонов.

24.1. Почвенно-географическое районирование

Почвенно-географическое районирование — это группировка (классификация) территорий с однотипной структурой почвенного покрова, обусловленной связями почвенного покрова с экологическими условиями (факторами почвообразования). Его целью является выявление таких связей и определение возможностей сельскохозяйственного использования почв.

При почвенно-географическом районировании России и прилегающих территорий принята следующая система таксономических единиц, отражающая разный уровень организации почвенного покрова.

1. Почвенно-биоклиматический пояс
2. Почвенно-биоклиматическая область

Для равнинных территорий	Для горных территорий
3. Почвенная зона (подзона)	3. Горная почвенная провинция
4. Почвенная провинция	(вертикальная структура почвенных зон)
5. Почвенный округ	4. Вертикальная почвенная зона (пояс)
6. Почвенный район	5. Горный почвенный округ
	6. Горный почвенный район

Почвенно-биоклиматический пояс — это совокупность почвенно-биоклиматических областей, зон и провинций, объединенных общностью радиационных и термических условий (полярный, бореальный, суббореальный, субтропический, тропический) (см. главу 5).

Почвенно-биоклиматическая область — часть почвенно-биоклиматического пояса, включающая совокупность зон и провинций, объединенных по сходству фациальных условий увлажнения и континентальности климата. По степени континентальности области разделяются на океанические, континентальные и экстраконтинентальные. По степени увлажнения — на гумидные, экстрагумидные (очень влажные), семигумидные (полувлажные), семиаридные (полусухие), аридные (сухие) и экстрааридные (очень сухие) (см. главу 5).

Почвенная зона — опорная единица почвенно-географического районирования — ареал одного или нескольких зональных типов почв и сопутствующих им интразональных (внутризональных) почв.

Почвенная подзона выделяется в пределах почвенной зоны (не во всех зонах) по теплообеспеченности и увлажнению в мериди-

дианальных отрезках почвенных зон.

Почвенная провинция — часть почвенной зоны (подзоны), отличающаяся фаціальными особенностями почв (увлажнение и континентальность) в пределах почвенно-биоклиматической области, или с температурными различиями в меридианальных отрезках почвенных зон.

Почвенный округ — это часть почвенной провинции, характеризующаяся определенным типом комбинаций (структурой почвенного покрова), обусловленным особенностями рельефа и почвообразующих пород.

Почвенный район — часть почвенного округа, характеризующаяся одним типом мезоструктуры почвенного покрова. Однотипность структуры почвенного покрова района определяется однотипностью условий почвообразования в его пределах и обеспечивает возможность однотипного хозяйственного использования земельных фондов.

Почвенно-географическое районирование является научной основой для природно-сельскохозяйственного районирования, в котором кроме природных факторов учитываются особенности сельскохозяйственного производства (набор культур, системы земледелия и др.).

Ниже приведено почвенно-географическое районирование России и прилегающих территорий (легенда к Карте почвенно-географического районирования СССР для высшей школы (рис. 24.1), составленной в 1980 г. Г.В.Добровольским, Н.Н.Розовым и И.С.Урусевской).

І. ПОЛЯРНЫЙ ПОЯС

І. ЕВРАЗИАТСКАЯ ПОЛЯРНАЯ ОБЛАСТЬ

А. Зона арктических почв Арктики

а) фация арктических и мерзлотных почв провинции: 1 — Таймырская

Б. Зона тундровых глеевых и тундровых иллювиально-гумусовых почв Субарктики

а) фация очень холодных длительно промерзающих почв провинции: 2 — Кольская, 3 — Канинско-Печорская

б) фация очень холодных мерзлотных почв провинции: 4 — Северо-Сибирская, 5 — Чукотско-Анадырская

Горные провинции:

a_1 — Урало-Новоземельская	} горных тундровых → горных арктических почв
a_2 — Таймырская	
a_3 — Чукотская	

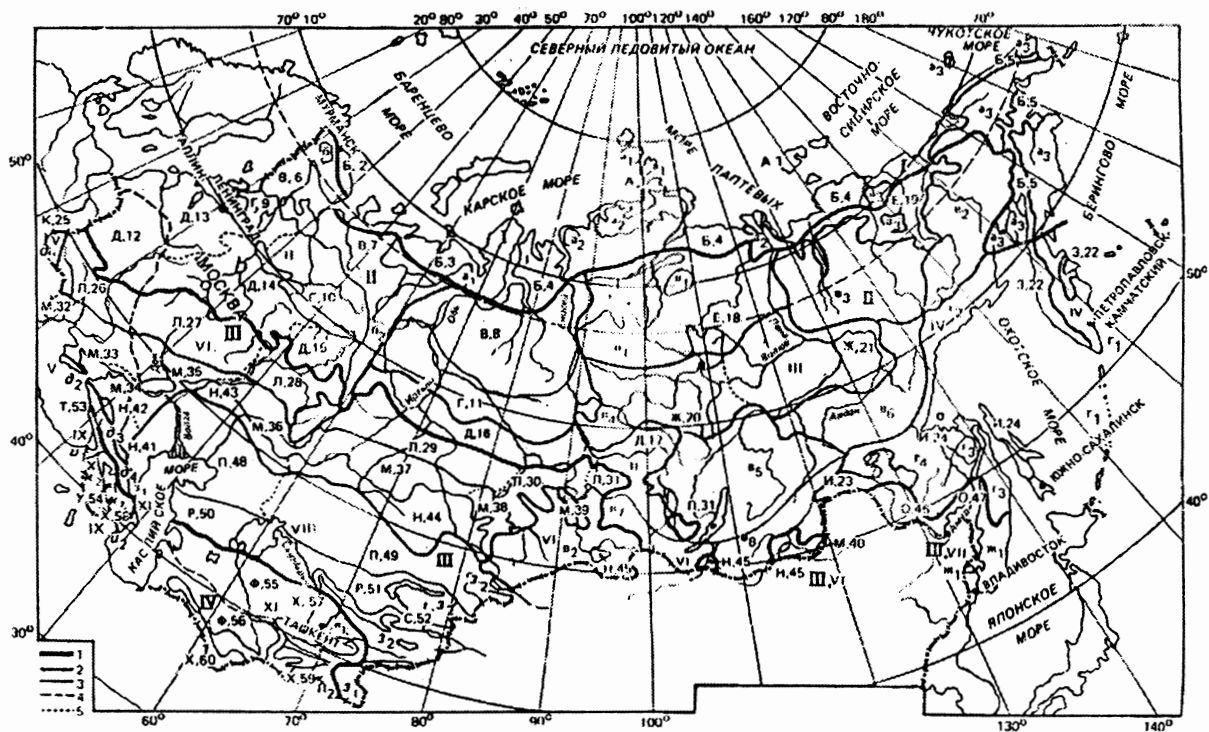


Рис. 24.1. Почвенно-географическое районирование России и прилегающих территорий

(Границы: 1 — географических поясов; 2 — почвенно-биокультурных областей; 3 — почвенных зон (подзон) и горных почвенных провинций; 4 — почвенно-климатических фаций; 5 — почвенных провинций)

II. БОРЕАЛЬНЫЙ ПОЯС
II. ЕВРОПЕЙСКО-ЗАПАДНО-СИБИРСКАЯ
ТАЕЖНО-ЛЕСНАЯ ОБЛАСТЬ

В. Подзона глееподзолистых и подзолистых иллювиально-гумусовых почв северной тайги

- а) фация холодных промерзающих почв провинции: 6 — Кольско-Карельская
- б) фация холодных длительно промерзающих почв провинции: 7 — Онежско-Печорская; 8 — Нижнеобская

Г. Подзона подзолистых почв средней тайги

- а) фация холодных промерзающих почв провинции: 9 — Карельская; 10 — Онего-Вычегодская;
- б) фация холодных длительно промерзающих почв провинции: 11 — Нижнеиртышская

Д. Подзона дерново-подзолистых почв южной тайги

- а) фация умеренных кратковременно промерзающих почв провинции: 12 — Белорусская
- б) фации умеренных промерзающих почв провинции: 13 — Прибалтийская, 14 — Среднерусская; 15 — Вятско-Камская
- в) фация холодных длительно промерзающих почв провинции: 16 — Среднеобская, 17 — Приангарская

Горные провинции:

b_1 — Хибинская горных подзолистых иллювиально-гумусовых → горных тундровых почв

b_2 — Уральская горных подзолистых → горных луговых → горных тундровых почв

III. ВОСТОЧНО-СИБИРСКАЯ МЕРЗЛОТНО-ТАЕЖНАЯ
ОБЛАСТЬ

Е. Подзона глее-мерзлотно-таежных почв северной тайги

- а) фация очень холодных мерзлотных почв провинции: 18 — Северо-Ленская, 19 — Индигирско-Колымская

Ж. Подзона мерзлотно-таежных почв средней тайги

- а) фация холодных мерзлотных почв провинции: 20 — Среднесибирская, 21 — Центрально-Якутская

Горные провинции:

v_1 — Путоранская } горных глее-мерзлотно-таежных → горных тундровых почв
 v_2 — Колымская } горных глее-мерзлотно-таежных, горно-таежных криоаридных палевых и горно-степных дерновых (по южному склону) → горных тундровых почв
 v_3 — Верхоянская }

v_4 — Приенисейская	} горных мерзлотно-таежных → горных тундровых почв → гор- ных дерново-таежных и дерно- во-подзолистых → горных мер- злотно-таежных и подзолистых иллювиально-гумусовых → гор- ных тундровых почв
v_5 — Северо-Прибайкальская	
v_6 — Приалданская	
v_7 — Восточно-Саянская	
v_8 — Забайкальская	

IV. ДАЛЬНЕВОСТОЧНАЯ ТАЕЖНО-ЛЕСНАЯ ОБЛАСТЬ

3. Зона лесных пеплово-вулканических почв

а) фация холодных длительно промерзающих почв провинции: 22 — Камчатская

И. Зона подзолистых и буро-таежных почв

а) фация холодных длительно промерзающих почв провинции: 23 — Верхнезейская, 24 — Амурско-Северосахалинская

Горные провинции:

- | | |
|--|---|
| z_1 — Камчатская горных лесных пеплово-вулканических →
горных тундровых почв; | } горных буро-таежных
иллювиально-гумусовых
→ горных тундровых почв |
| z_2 — Охотская горных подзолистых → горных тундровых почв; | |
| z_3 — Сихотэ-Алинско-Сахалинская | |
| z_4 — Верхнеамурско-Буреинская | |

III. СУББОРЕАЛЬНЫЙ ПОЯС

V. ЗАПАДНАЯ БУРОЗЕМНО-ЛЕСНАЯ ОБЛАСТЬ

К. Зона бурых лесных почв широколиственных лесов

а) фация теплых кратковременно промерзающих почв провинции: 25 — Закарпатская

Горные провинции:

- | | |
|--|--|
| d_1 — Карпатская горных бурых лесных → горных луговых почв | |
| d_2 — Крымская горных черноземов → горных бурых лесных →
горных луговых почв | |
| d_3 — Северо-Кавказская горных серых лесных → горных бурых
лесных → горных луговых почв | |
| d_4 — Восточно-Кавказская горных коричневых → горных бурых
лесных → горных луговых почв | |

VI. ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЛЕСОСТЕПНАЯ И СТЕПНАЯ ОБЛАСТЬ

Л. Зона серых лесных почв, оподзоленных, выщелоченных и типичных черноземов лесостепи

а) фация теплых промерзающих почв провинции: 26 — Северо-Украинская

б) фация умеренных промерзающих почв

провинции: 27 — Окско-Донская, 28 — Нижнекамская

- в) фация умеренных длительно промерзающих почв провинции: 29 — Барабинская, 30 — Бийско-Енисейская, 31 — Красноярско-Иркутская

М. Зона обыкновенных и южных черноземов степи

- а) фация теплых кратковременно промерзающих почв провинции: 32 — Придунайская, 33 — Южно-Украинская, 34 — Предкавказская
 б) фация теплых промерзающих почв провинции: 35 — Южно-Русская, 36 — Заволжская,
 в) фация умеренных промерзающих почв провинции: 37 — Северо-Казахстанская, 38 — Предалтайская
 г) фация умеренных длительно промерзающих почв провинции: 39 — Минусинская, 40 — Забайкальская

Н. Зона темно-каштановых и каштановых почв сухой степи

- а) фация теплых кратковременно промерзающих почв провинции: 41 — Восточно-Предкавказская, 42 — Донская
 б) фация теплых промерзающих почв провинции: 43 — Сыртово-Заволжская
 в) фация умеренных промерзающих почв провинции: 44 — Центрально-Казахстанская
 г) фация умеренных длительно промерзающих почв провинции: 45 — Тувинско-Южно-Забайкальская

Горные провинции:

- | | |
|---------------------------|---|
| e_1 — Южно-Уральская | } горных черноземов → горных серых лесных → горных луговых почв |
| e_2 — Алтайско-Саянская | |

VII. ВОСТОЧНАЯ БУРОЗЕМНО-ЛЕСНАЯ ОБЛАСТЬ

О. Зона бурых и подзолисто-бурых лесных почв хвойно-широколиственных лесов

- а) фация умеренных длительно промерзающих почв провинции: 46 — Зейско-Буреинская
 б) фация умеренных промерзающих почв провинции: 47 — Уссурийско-Ханкайская

Горные провинции:

- $ж_1$ — Южно-Сихотэ-Алинская горных бурых лесных → горных подзолистых → горных луговых → горных тундровых почв

VIII. ПОЛУПУСТЫННАЯ И ПУСТЫННАЯ ОБЛАСТЬ

П. Зона светло-каштановых и бурых почв полупустыни

- а) фация теплых промерзающих почв провинции: 48 — Прикаспийская; 49 — Южно-Казахстанская

Р. Зона серо-бурых почв суббореальной пустыни

- а) фация теплых промерзающих почв провинции: 50 — Арало-Каспийская, 51 — Арало-Балхашская

С. Зона малокарбонатных сероземов предгорной полупустыни

- а) фация теплых кратковременно промерзающих почв провинции: 52 — Северо-Притяньшаньская

Горные провинции:

- з₁ — Внутреннедагестанская горных лугово-степных → горных луговых почв
з₂ — Саур-Тяньшаньская горных каштановых → горных черноземов → горных луговых
з₃ — Южно-Тяньшаньско-Памирская горных бурых полупустынных → высокогорно-пустынных почв

IV. СУБТРОПИЧЕСКИЙ ПОЯС

IX. СУБТРОПИЧЕСКАЯ ВЛАЖНОЛЕСНАЯ ОБЛАСТЬ

Т. Зона красноземов и желтоземов влажных лесов

- а) фация субтропических непромерзающих почв провинции: 53 — Колхидская

Горные провинции:

- и₁ — Западно-Закавказская горных желтоземов и красноземов → горных бурых лесных → горных луговых почв
и₂ — Ленкоранская горных желтоземов → горных бурых лесных → горных лугово-степных почв

X. СУБТРОПИЧЕСКАЯ КСЕРОФИТНО-ЛЕСНАЯ ОБЛАСТЬ

У. Зона коричневых и серо-коричневых почв

- а) фация субтропических непромерзающих почв провинции: 54 — Закавказская

Горные провинции:

- к₁ — Восточно-Закавказская горных коричневых → горных бурых лесных → горных луговых почв
к₂ — Южно-Закавказская горных каштановых (местами горных коричневых) → горных черноземов → горных луговых почв

XI. СУБТРОПИЧЕСКАЯ ПОЛУПУСТЫННАЯ И ПУСТЫННАЯ ОБЛАСТЬ

Ф. Зона серо-бурых почв субтропической пустыни

- а) фация субтропических кратковременно промерзающих почв провинции: 55 — Северо-Туранская
б) фация субтропических непромерзающих почв провинции: 56 — Южно-Туранская

Х. Зона сероземов предгорной полупустыни

- а) фация субтропических кратковременно промерзающих почв провинции: 57 — Западно-Притяньшаньская

б) фа́ция субтропических непромерзающих почв провинции: 58 — Кура-Араксинская, 59 — Пригиссарская, 60 — Прикопетдагская

Горные провинции:

- | | |
|------------------------------|---|
| $л_1$ — Западно-Тяньшаньская | } горных сероземов → горных
коричневых → горных
лугово-степных почв |
| $л_2$ — Бадахшано-Гиссарская | |
| $л_3$ — Копетдагская | |

На рис. 24.2 приведена схема почвенного районирования Московской области, составленная с использованием данных о структуре почвенного покрова. Особенности зонально-провинциального положения области и ее литолого-геоморфологическое разнообразие обусловили выделение в ее пределах шести почвенных округов и 24 почвенных районов:

I — округ подзолистых, болотно-подзолистых и болотных почв легкого механического состава Верхне-Волжской низменности

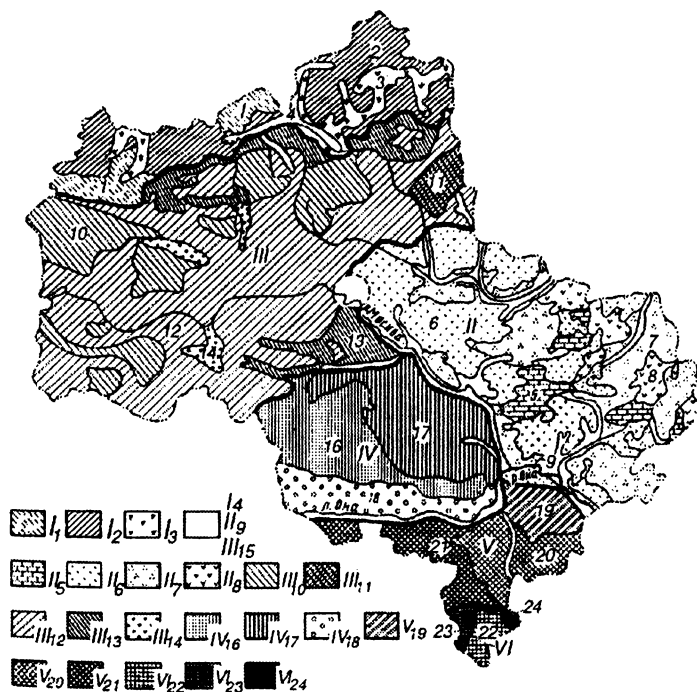


Рис. 24.2. Почвенное районирование Московской области (по Л.П.Ильиной, 1974)

сти: I_1 — почвенные районы (ПР) сочетаний дерново-подзолистых суглинистых и дерново-подзолисто-глеевых почв пологоволнистых, плоскохолмистых и гривисто-западных моренных равнин; I_2 — ПР сочетаний, пятнистостей и комплексов болотно-подзолистых и болотных почв плоских и пологоволнистых нерасчлененных и слаборасчлененных озерно-ледниковых и зандровых равнин и соответствующих им надпойменных террас; I_3 — ПР сочетаний болотных, болотно-подзолистых и подзолистых почв плоских равнин, древних ложбин стока ледниковых вод и соответствующих им первых надпойменных террас; I_4 — ПР сочетаний и пятнистостей заболоченных пойменных почв; II — округ болотно-подзолистых, подзолистых и болотных почв легкого механического состава Мещерской низменности: II_5 — ПР сочетаний дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных, болотно-подзолистых и дерновых почв оврагов и балок, холмистых, холмистовалистых и останцово-холмистых моренных равнин, расчлененных эрозией; II_6 — ПР сочетаний болотно-подзолистых песчаных и супесчаных, подзолистых и болотных почв пологоволнистых флювиогляциальных (реже моренных) равнин и соответствующих им высоких надпойменных террас; II_7 — ПР сочетаний болотных, болотно-подзолистых и подзолистых и подзолистых песчаных почв плоских долинно-зандровых равнин, древних ложбин стока и соответствующих им низких надпойменных террас; II_8 — ПР сочетаний болотных, подзолистых песчаных и болотно-подзолистых супесчано-суглинистых почв озерно-ледниковых равнин; II_9 — ПР сочетаний пойменных дерново-глеевых суглинистых и болотных почв с дерновыми и дерново-глеевыми песчаными; III — округ дерново-подзолистых почв суглинистого механического состава Смоленско-Московской возвышенности: III_{10} — ПР сочетаний дерново-подзолистых, дерново-подзолисто-глеевых и болотных почв холмистых моренных равнин с участками крупнохолмистого моренного рельефа; III_{11} — ПР сочетаний дерново-подзолистых и дерново-подзолистых эродированных почв с дерновыми и дерново-глеевыми почвами оврагов территорий с моренным рельефом, сильнорасчлененным эрозионной сетью; III_{12} — ПР вариаций дерново-подзолистых и дерново-подзолистых глееватых почв и их сочетаний с дерново-подзолисто-глеевыми почвами и дерново-глеевыми почвами ложбин среднерасчлененных моренных равнин, местами с участием собственно подзолистых, болотно-подзолистых и болотных почв слаборасчлененных моренных равнин; III_{13} — ПР сочетаний дерново-подзолистых эродированных, дерново-подзолистых и дерновых почв оврагов и балок территорий с

эрозионным овражно-балочным рельефом; III₁₄ — ПР пятнистостей болотно-подзолистых почв и их сочетаний с болотными почвами зандровых и озерно-ледниковых равнин и соответствующих им надпойменных террас, нерасчлененных и слаборасчлененных; III₁₅ — ПР сочетаний и комплексов незаболоченных и заболоченных почв пойм; IV — округ дерново-подзолистых, серых лесных и серых лесных глеевых тяжелосуглинистых и глинистых почв Москворецко-Окской равнины: IV₁₆ — ПР сочетаний дерново-средне- и слабоподзолистых, дерново-подзолистых глееватых и дерново-глеевых тяжелосуглинистых почв; IV₁₇ — ПР сочетаний дерново-слабо- и среднеподзолистых, светло-серых, серых лесных и серых лесных глеевых почв; IV₁₈ — ПР сочетаний, комплексов и пятнистостей песчаных дерново-слабоподзолистых, болотно-подзолистых и аллювиальных почв; V — округ серых лесных почв Заокской части Московской области: V₁₉ — ПР вариаций и пятнистостей серых среднеподзоленных лесных почв с глеевыми почвами балок; V₂₀ — ПР сочетаний серых среднеподзоленных лесных, светло-серых сильнооподзоленных и серых смытых почв с дерново-глеевыми балок; V₂₁ — ПР сочетаний темно-серых лесных и серых лесных слабооподзоленных почв; VI — округ черноземных почв северного склона Средне-Русской возвышенности: VI₂₂ — ПР сочетаний слабо- и среднеоподзоленных черноземов с лугово-черноземными и черноземно-луговыми почвами; VI₂₃ — ПР сочетаний выщелоченных черноземов со смытыми и маломощными черноземами и дерново-луговыми почвами балок; VI₂₄ — ПР сочетаний слабо- и среднеоподзоленных черноземов с торфяными почвами балок.

24.2. Структура почвенного покрова

Основы учения о структуре почвенного покрова были заложены трудами выдающихся русских ученых В.В.Докучаева, Н.М.Сибирцева, К.Д.Глинки, С.С.Неустроева, Л.И.Прасолова. С.С.Неустроев и Н.А.Димо сформулировали положение о существовании в природе “сочетаний” и “комплексов” почв, обуславливающих неоднородность почвенного покрова. Большое значение имели работы английского ученого Д.Милна, который разработал учение о катенах — сочетаниях почв, связанных с мезорельефом, возрастом и составом почвообразующих пород. Наиболее полно и разносторонне учение о структуре почвенного покрова на современном этапе разработано в трудах В.М.Фридланда.

Структура почвенного покрова определяется пространственным размещением неоднородных почв на небольших территориях, и поэтому она наиболее полно раскрывается при крупномасштабном и детальном почвенном картографировании. Эти неоднородности обуславливаются, главным образом, особенностями рельефа и почвообразующих пород.

Помимо теоретического интереса, познание структуры почвенного покрова имеет большое практическое значение. Данные о структуре почвенного покрова используют при картографировании почв, при почвенном районировании, а также при сельскохозяйственной типизации и учете земель.

Структура почвенного покрова — формы пространственных смен элементарных почвенных ареалов, в разной степени генетически связанных между собой и создающих определенный пространственный рисунок.

Элементарный почвенный ареал (ЭПА) — почвенный покров, внутри которого отсутствуют какие-либо почвенно-географические границы. ЭПА — самый низкий таксономический уровень структуры почвенного покрова. Близкими к понятию ЭПА являются понятия “почвенный индивидуум” Л.И.Прасолова, “полипедон” американских почвоведов, “педотон” Э.Эвальда и “женон”, введенный во французскую литературу Ж.Буленом. Площади ЭПА колеблются в очень широких пределах — от нескольких квадратных метров (пятна солонцов среди каштановых почв) до нескольких тысяч гектаров (ЭПА черноземов). ЭПА различаются также по форме, содержанию, условиям образования.

Система регулярно чередующихся, в разной степени генетически связанных ЭПА образует **почвенную комбинацию** (ПК). Почвенные комбинации могут рассматриваться как наименьшие целостные участки структуры почвенного покрова и представляют собой более сложные, чем ЭПА, таксономические единицы. ПК могут быть контрастными и неконтрастными. Контрастные ПК образованы почвами, входящими в разные агропроизводственные или мелиоративные группы; неконтрастные состоят из почв одной агропроизводственной группы. Например, почвенный покров, представленный пятнами болотно-подзолистых почв среди дерново-подзолистых — контрастная ПК; чередование дерново-средне- и слабоподзолистых почв — неконтрастная ПК.

Все почвенные комбинации по характеру их строения объединяются в шесть групп: сочетания, комплексы, пятнистости, вариации, мозаики и ташеты. Сочетания, комплексы и мозаики относятся к контрастным ПК, а вариации, пятнистости и

ташты — к неконтрастным.

Сочетания — это такие почвенные мезокомбинации, в которых регулярно чередуются довольно крупные (порядка нескольких гектаров и десятков гектаров) ареалы контрастно различающихся почв (типы, подтипы, роды, резко различающиеся разновидностями по гранулометрическому составу), которые могут иметь особое хозяйственное значение (рис. 24.3). Формирование сочетаний связано с изменением мезорельефа. Генетическая связь между ЭПА сочетаний носит односторонний характер — один ЭПА под преимущественным влиянием других.

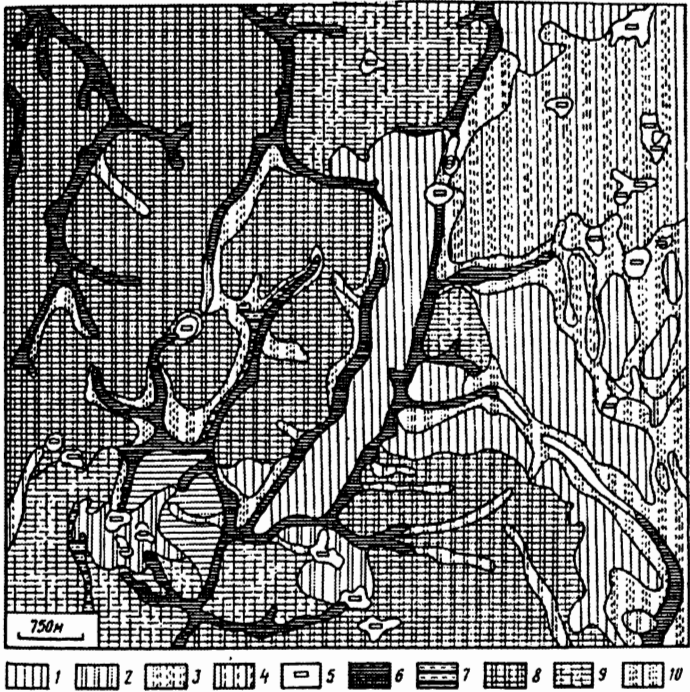


Рис. 24.3. Почвенный покров Клиньско-Дмитровской гряды, образованный сложным подзолисто-болотным сочетанием. Уменьшено с масштаба 1:25 000. Составила Л.П.Ильина. В название каждой почвы, кроме 5-й, входит “дерново-”.

Почвы: 1 — среднеподзолистые; 2 — сильноподзолистые; 3 — среднеподзолистые глееватые; 4 — подзолистые глеевые; 5 — болотные торфянистые низинные; 6 — глеевые; 7 — глеевые оподзоленные; 8 — средне- и сильноподзолистые; 9 — подзолистые смытые; 10 — среднеподзолистые и среднеподзолистые глееватые.

Примеры сочетаний: дерново-подзолистые почвы верхних и средних частей склонов и дерново-подзолистые глееватые и глеевые нижних частей склонов; дерново-глеевые и болотные торфянистые низинные; подзолистые, подзолисто-болотные и болотные почвы; аллювиальные луговые, аллювиальные дерновые и аллювиальные болотные почвы.

Комплексы — это почвенные микрокомбинации с регулярным (через несколько метров или несколько десятков метров) чередованием мелких пятен контрастно различающихся почв, развитие которых взаимообусловлено.

Формирование комплексов, как правило, связано с микро-рельефом. Хозяйственное значение таких комбинаций определяется их свойствами в целом, а не свойствами каждой почвы в отдельности. Примеры комплексов: подзолистые почвы с пятнами болотно-подзолистых почв, черноземы с пятнами солонцов, каштановые почвы с пятнами солонцов или солончаков.

Пятнистости по своему строению сходны с комплексами, а *вариации* с сочетаниями. Различия заключаются в слабой контрастности компонентов, образующих пятнистости и вариации. Примеры пятнистостей: дерново-подзолистые сильно- и среднесмытые, дерново-подзолистые слабоглееватые и глееватые, черноземы типичные тучные и черноземы выщелоченные тучные. Примеры вариаций: дерново-слабо- и дерново-среднеподзолистые почвы; дерново-подзолистые средне- и сильносмытые; аллювиальные дерновые кислые и аллювиальные дерновые оподзоленные.

Часто выделяют переходные ПК: сочетания-вариации. Эти ПК включают сочетания, в которых компонентами, резко отличающимися от других почв и создающими контрастность комбинации, являются почвы днищ и склонов эрозионных форм рельефа. Остальная часть комбинации очень однородна и рассматривается как вариация. Пример сочетания-вариации: дерново-слабо- и среднеподзолистые почвы склонов и дерново-глеевые в днищах балок. Для сочетаний, комплексов, пятнистостей и вариаций характерны отчетливая генетическая связь компонентов, регулярность образующих их почвенных ареалов.

Для мозаик и ташетов генетическая связь между слагасмыми компонентами, как правило, отсутствует. Формирование их связано с пространственной сменой почвообразующих пород, а для ташетов также и со сменой биологических факторов. *Мозаики* — это контрастные комбинации, *ташеты* — слабоконтрастные.

Примеры мозаик: дерново-сильноподзолистые, дерново-подзолистые поверхностно-глееватые и дерново-среднеподзоли-

тые почвы на покровных суглинках, подстилаемых на различной глубине мореной (ЭПА в этой комбинации обусловлены различной глубиной залегания морены); дерново-подзолистые остаточ-но-карбонатные и дерново-карбонатные почвы; дерново-подзо-листые супесчаные и дерново-подзолистые суглинистые почвы. Примеры ташетов: темно-серые лесные почвы под дубравами и черноземы выщелоченные и оподзоленные под лугово-степными ассоциациями.

Следует отметить, что критерии контрастности, позволяющие отделить мозаики от ташетов, комплексы от пятнистостей и сочетания от вариаций, еще недостаточно разработаны. По-види-мому, можно допустить наличие переходных комбинаций во всех группах, так же как в сочетаниях и вариациях.

В таблице 24.1 представлены факторы формирования поч-венных комбинаций.

ПК могут быть простыми (элементарные почвенные струк-туры, ЭПС) и сложными. К простым относятся комбинации, ко-торые включают только элементарные почвенные ареалы. Слож-ные ПК образованы не только ЭПА, но и комбинациями более низкого порядка.

Контрастность и сложность почвенных комбинаций — наи-более важные характеристики, имеющие большое практическое значение для агрономической и мелиоративной характеристики территории. В таблице 24.2 приведена шкала контрастности поч-венного покрова.

24.1. Факторы формирования почвенных комбинаций (по В.М.Фридланду, 1972)

Фактор	Комбинация					
	комплекс	пятнис- тость	сочета- ние	вариа- ция	мозаика	ташет
Рельеф	+	+	+	+	-	-
Ускоренная водная эрозия	+	+	+	+	-	-
Дефляция	-	-	+	+	+	+
Аллювиальные и пролю- виальные процессы	-	-	+	+	+	+
Оползни	-	-	-	-	+	+
Карстовые и суффозион- ные процессы	+	+	+	-	-	-
Неоднородность почво- образующих пород	-	-	+	+	+	+
Грунтовые воды	+	+	+	+	-	-
Пестрота растительного покрова	+	+	-	-	+	+

24.2. Шкала контрастности почв (по В.М.Фридланду, 1972)

Балл контрастности	Название	Различия агропроизводственных особенностей двух сравниваемых почв
0	Неконтрастные	Почвы принадлежат к одной агропроизводственной группе
1	Слабоконтрастные	Почвы принадлежат к разным агропроизводственным группам (но к одной мелиоративной группе), различий в принципах ведения хозяйства не требуется
2	Среднеконтрастные	Почвы принадлежат к разным агропроизводственным группам (но к одной мелиоративной группе), требуются различия в принципах ведения хозяйства
3	Сильноконтрастные	Одна из почв не требует мелиораций, а другая требует
4	Очень сильно-контрастные	Обе почвы требуют мелиорации и принадлежат к разным мелиоративным группам. Одна из почв может быть использована при применении мелиораций, другая не может
5	Крайне контрастные	Одна из почв может быть использована без мелиораций, а другая не может быть улучшена даже мелиорациями и ее нельзя использовать в сельском хозяйстве

Контрастность почвенного покрова характеризуется степенью различия компонентов по их свойствам, например, по степени увлажнения, оглеения, оподзоленности и т.д. Под сложностью почвенного покрова подразумевается его пестрота, зависящая от размеров почвенных контуров и степени их расчлененности.

Размеры ЭПА зависят от условий их возникновения и, прежде всего, от рельефа. Для определения средней площади ЭПА необходимо измерить площадь каждого контура данной разновидности (рода, подтипа) почв, суммировать эти площади и сумму разделить на количество контуров в пределах исследуемой территории.

Степень расчленения ЭПА ПК определяется изрезанностью границ контуров. Ее показателем является коэффициент расчленения (КР), определяемый по формуле:

$$КР = \frac{P}{3,54} X,$$

где P — длина границы контура по периметру, см; X — площадь контура, см²; 3,54 — коэффициент пропорциональности.

В.М.Фридланд предложил использовать в качестве критерия сложности соотношение зональных и интразональных почв. На

рис. 24.4 изображены графически контрастность, сложность и неоднородность почвенного покрова главных почвенных зон и подзон России. Наименее сложная структура свойственна подзоне обыкновенных черноземов. К югу и северу от них она усложняется и достигает максимума в зоне тундровых и глееподзолистых почв северной тайги на севере и серо-бурых полупустынных и бурых пустынных почв на юге. Это связано на севере с избытком влаги, приводящей к формированию в понижениях болотных почв, а на юге с ее недостатком, приводящим к формированию в понижениях засоленных почв. Наименее сложная структура характерна для почвенных зон с относительно сбалансированным соотношением осадков и испаряемости.

Контрастность почвенного покрова наименьшая в лесостепи, как и наименьшая сложность, однако в северных и южных зонах она снижается вследствие того, что на севере все почвы пе-

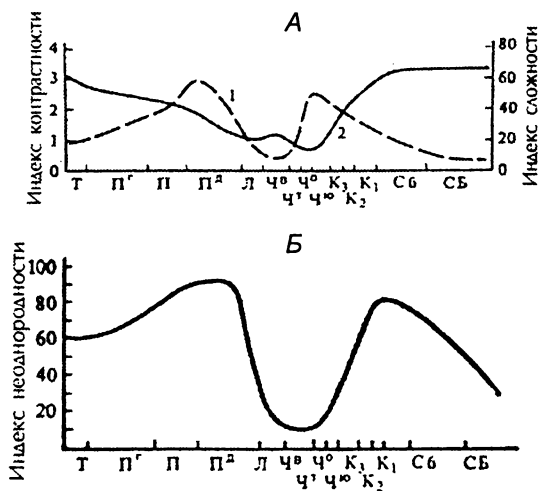


Рис. 24.4. Контрастность, сложность (А) и неоднородность (Б) почвенного покрова главных почвенных зон и подзон России (по В.М.Фридланду, 1972).

1 — индекс контрастности почвенного покрова, 2 — индекс сложности почвенного покрова.

Зоны и подзоны почв: Т — тундровых, П^г — глееподзолистых, П — подзолистых, П^д — дерново-подзолистых, Л — серых лесных, Ч^в — черноземов выщелоченных, Ч^т — то же, типичных, Ч^ю — то же, южных, К₃ — темно-каштановых, К₂ — каштановых, К₁ — светло-каштановых, С₆ — бурых полупустынных, С_б — серо-бурых пустынных.

реувлажнены и поэтому обладают сходными свойствами, а на юге из-за недостатка влаги и высокой испаряемости все почвы в какой-то степени засолены.

Наибольшая контрастность почвенного покрова характерна для подзоны дерново-подзолистых почв на севере и черноземов степной зоны, а также каштановых почв на юге. При небольших различиях в соотношении осадков и испаряемости создаются условия для формирования контрастных по свойствам почв водоразделов и понижений. На водоразделах южной тайги формируются автоморфные дерново-подзолистые почвы, а в понижениях — оглеенные и болотные. В степной и сухостепной зонах на водоразделах формируются черноземы обыкновенные и южные, каштановые почвы, а в понижениях — лугово-черноземные и лугово-каштановые. А при перераспределении влаги по элементам микрорельефа здесь формируются комплексы зональных почв с солонцами и солончаками.

Контрастность и сложность почвенного покрова определяют степень неоднородности его структуры. Для ее характеристики используют индекс неоднородности — произведение величин сложности и контрастности. Индекс неоднородности в зональном аспекте изменяется аналогично индексу контрастности. Минимальная неоднородность характерна для почв лесостепи, а максимальная — южной тайги на севере и сухих степей на юге.

И.И.Карманов выделил три основных группы структур почвенного покрова в зависимости от агрономической совместимости.

Агрономически однородные СПП можно включать в состав одного поля. Они представлены неконтрастными комбинациями, пятнистостями и вариациями.

Агрономически неоднородные совместимые СПП могут быть включены в состав одного поля, но урожаи при этом на отдельных участках могут различаться. Необходимо проведение мероприятий по выравниванию плодородия отдельных ЭПА, входящих в почвенные комбинации.

Агрономически несовместимые СПП, как правило, не следует включать в состав одного поля. Сроки проведения полевых работ и характер мероприятий для различных ЭПА таких СПП различаются. Например, дерново-подзолистые почвы водоразделов и склонов и дерново-подзолистые глеевые — нижних частей склонов.

Теоретические вопросы структуры почвенного покрова в настоящее время интенсивно разрабатываются и внедряются в практику картографирования почв в связи с внедрением адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

Глава 25. Почвы арктической и тундровой зон

Арктическая и тундровая зоны входят в Евразийскую полярную область.

Условия почвообразования и почвы арктической зоны. Арктические почвы формируются в условиях полярного холодного сухого климата. Осадков выпадает 50-200 мм, температура июля не выше $+5^{\circ}\text{C}$, безморозный период отсутствует. Почвы оттаивают на глубину 30-40 см. Среднегодовые температуры отрицательные — от -14° до -18°C . Растительность представлена мхами, лишайниками, различными видами водорослей. Высшие растения на водоразделах занимают менее 25% территории. Количество опада — в пределах 0,5 т/га. Значительные площади занимает голый грунт. Большая роль в почвообразовании и формировании нанорельефа принадлежит криогенным процессам и физическому выветриванию.

Основным типом почв являются арктические, которые разделяют на два подтипа: арктические пустынные и арктические типичные гумусовые. Профиль состоит из двух горизонтов — А и С, иногда с переходным горизонтом АС. Для арктических почв характерны: небольшая мощность почвенного профиля, в пределах 30-40 см, скелетность, отсутствие оглеения, связанное с небольшим количеством осадков и просыханием почв под действием сильных ветров. Содержание гумуса в горизонте А может достигать 2-4%, реакция среды — от слабокислой до слабощелочной, в зависимости от состава почвообразующих пород. Иногда почвы содержат карбонаты и водорастворимые соли.

Условия почвообразования и почвы тундровой зоны. Климат тундровой зоны характеризуется холодной зимой, коротким летом. Осадков выпадает от 400 мм на Кольском полуострове до 150-250 мм в Восточной Сибири. Сумма температур выше 10°C — от 0° до $400-600^{\circ}$ в южной тундре, средняя температура июля — $8-13^{\circ}\text{C}$. Относительная влажность воздуха достигает 80-90%. Средняя годовая температура колеблется от -2° на западе до $-14-16^{\circ}$ в азиатской части. Это зона вечной мерзлоты. Летом почва оттаивает на глубину от 30 см на болотных торфяных почвах и до 1-2 м на песчаных.

Растительность арктической тундры представлена злаково-осоково-моховыми ценозами, а в понижениях — гипново-осоковыми ассоциациями на полигональных болотах. Типичная тундра характеризуется господством мхов и лишайников. Мхи преобладают на суглинистых почвах, лишайники — на щебнистых.

При продвижении к югу, в лесотундру, начинают появляться кустарнички — карликовые березы, ива, вереск, багульник, голубика, а по долинам рек на песчаных и супесчаных почвах — изреженные, угнетенные леса (ель, береза, лиственница и др.).

Количество опада составляет 0,5-1 т/га. В составе опада — низкое содержание оснований и азота.

Почвообразующие породы представлены морскими, ледниковыми и аллювиальными отложениями. В формировании бугристого и пятнистого микро- и нанорельефа большая роль принадлежит криогенным процессам: трещинообразование, солифлюкция, термокарст и др.

Зональным типом почв являются тундровые глеевые почвы.

Изучение генезиса тундрово-глеевых почв проводилось Ю.А.Ливеровским, Е.Н.Ивановой, И.В.Забоевой, Н.А.Каравасовой, В.О.Таргульяном, В.Д.Василевской и другими учеными. Низкие температуры, короткий период биологической активности, поверхностное и внутрипочвенное (надмерзлотное) переувлажнение определяют направленность почвообразования в тундре. В формировании профиля тундровых глеевых почв принимают участие три группы процессов: гумусообразование (детритообразование), продуцирующее сухоторфянистый или грубогумусовый горизонт, оглеение и криогенез. Образование грубогумусовых и оторфованных горизонтов связано с пониженной биологической активностью и низким содержанием оснований и азота в составе опада.

Тундровые глеевые почвы имеют следующее строение почвенного профиля: $A_0 - A_0A_1 - B_g - G$. Мощность почвенного профиля небольшая, ограничивается мощностью деятельного (сезоннооттаивающего) слоя. Мощность органогенных горизонтов $A_0 + A_0A_1$ может достигать 10-20 см. Содержание органического вещества в грубогумусовом горизонте составляет 5-10% и более, в оторфованном горизонте A_0 — 30-60%. В составе гумуса преобладают фульвокислоты ($C_{ГК}:C_{ФК} - 0,3-0,5$). Отмечается повышенное содержание гумуса (1,5-2%) по всему профилю, связанное с почечностью гумуса и механической аккумуляцией над многолетнемерзлым водоупорным горизонтом. Реакция среды кислая и слабокислая, насыщенность основаниями — 20-50%.

Разделение тундрово-глеевых почв на подтипы и роды связано с характером органогенных горизонтов (грубогумусовый, торфянистый, перегнойный), оглеением (поверхностно-глеевые, надмерзлотно-глеевые), с начальными стадиями проявления элювиальных и иллювиальных ЭПП (оподзоленные, иллювиально-железисто-гумусовые).

Болотные почвы тундры представлены преимущественно низинными обедненными торфяными и торфяно-глеевыми, но встречаются и верховые.

Земледелие в тундре носит очаговый характер. Имеется опыт выращивания трав, капусты, моркови, лука, картофеля. Очаги земледелия приурочены к легким песчаным и супесчаным почвам, чаще всего — в долинах рек с глубоким деятельным слоем или отсутствием горизонтов вечной мерзлоты. Весьма перспективным для тундровой зоны является закрытый грунт — выращивание овощей в теплицах.

Глава 26. Почвы таежно-лесной зоны

26.1. Условия почвообразования

По биоклиматическим условиям почвообразования и почвенному покрову таежно-лесная зона разделяется на три подзоны: глееподзолистых и подзолистых иллювиально-гумусовых почв северной тайги; подзолистых почв средней тайги; дерново-подзолистых почв южной тайги.

Северная и средняя тайга. Климат характеризуется избыточной влажностью и пониженными температурами. Количество осадков за год на западе составляет 400-600 мм, к востоку — несколько снижается. Продолжительность периода с биологически активными температурами ($>10^{\circ}\text{C}$) — 2-3,5 мес., а сумма активных температур за этот период — $400-1250^{\circ}\text{C}$ в северной тайге и до 1600° — в средней. Осадки превышают испаряемость ($K_v > 1$), что обуславливает промывной тип водного режима почв.

Растительность северной тайги представлена изреженными еловыми лесами с примесью березы, осины, а в Западной Сибири — с примесью лиственницы. На песчаных почвах преобладает сосна. В напочвенном покрове — зеленые мхи, лишайники и кустарнички. Травянистый покров отсутствует. Количество ежегодного опада составляет 2-3 т/га. Основная часть опада (более 70%) поступает на поверхность почвы. С опадом поступает до 100 кг/га в год зольных элементов и азота.

В средней тайге преобладают темнохвойные еловые леса с моховым и кустарничковым (черника, брусника) напочвенным

покровом. На песках распространены сосновые боры-беломошники. В средней тайге Западной Сибири распространены елово-пихтово-кедровые леса. Участие травянистой растительности в напочвенном покрове среднетаежных лесов незначительно. Вторичные леса, преимущественно, представлены елью и березой. Количество опада — 3-5 т/га, с опадом поступает до 150 кг/га зольных элементов и азота. Разложение опада в северной и средней тайге сильно заторможено. Запасы подстилки в 15-18 раз превышают величину ежегодного опада.

Южная тайга. Климат южной тайги более дифференцирован в направлении с запада на восток. Годовое количество осадков на европейской территории равно 500-700 мм, на азиатской — 350-500. Сумма $t > 10^{\circ}\text{C}$ — 1600-2450° в европейской части и 1400-1750 — в азиатской. Продолжительность безморозного периода — 3,5-5 мес. Осадки превышают испаряемость (K_y 1,0-1,3). Водный режим почв промывного типа.

Растительность южной тайги представлена смешанными хвойно-широколиственными лесами с богатым травянистым покровом. На легких породах преобладают сосновые и сосново-дубовые леса. Широко представлены дуб, клен, липа, в подлеске — лещина, рябина и др. В Западной Сибири елово-кедрово-пихтовые леса сочетаются с березовыми и осиновыми. Ежегодный опад составляет 5-6 т/га. Значительная часть опада (до 50%) поступает в форме корней непосредственно в верхние слои почв. Разложение опада в южной тайге более интенсивное по сравнению с северной и средней. Запасы подстилки превышают величину ежегодного опада в 4-8 раз. С опадом в почвы поступает до 300 кг/га зольных элементов и азота.

Рельеф и почвообразующие породы. В европейской части зоны, в пределах Русской равнины, преобладает ледниковый и водноледниковый аккумулятивный рельеф, представленный холмистыми и холмисто-увалистыми равнинами, сложенными моренными суглинками и водно-ледниковыми отложениями. Широко распространен эрозионный тип рельефа разной степени расчленения с делювиальными отложениями в нижних частях склонов.

Аллювиальные равнины (Ярославско-Костромская, Марийская) слабо расчленены и сложены аллювиальными отложениями. В Карелии и на Кольском полуострове распространен сельговый рельеф с амплитудой относительных колебаний 100-200 м. Для возвышенностей (Валдайская, Смоленско-Московская, Северные Увалы) характерен эрозионный тип рельефа с различной степенью расчленения. Абсолютные высоты достигают 300-450 м. Низ-

менности (Верхневолжская, Мещерская и др.) характеризуются слаборасчлененными плоскими и слабоволнистыми равнинами с высотами 100-150 м, с обширными заболоченными массивами и большим количеством мелких озер.

Почвообразующие породы в европейской части представлены моренными суглинками, иногда карбонатными, покровными суглинками, флювиогляциальными отложениями, часто встречаются двучленные отложения. В северо-западной части распространены озерные отложения — ленточные глины; на юге зоны — лессовидные карбонатные суглинки. Террасы рек иногда сложены известняками, местами выходящими на поверхность. Преобладающая часть почвообразующих пород не содержит карбонаты, имеет кислую реакцию среды и низкую степень насыщенности основаниями.

Западно-Сибирская низменность характеризуется плоско-равнинным слаборасчлененным рельефом с пониженной дренированностью водораздельных пространств, высоким уровнем грунтовых вод и сильной заболоченностью территории. Почвообразующие породы представлены моренными и водно-ледниковыми отложениями, а на юге — лессовидными суглинками и глинами.

К востоку от р.Енисей таежно-лесная зона находится в области Средне-Сибирского плоскогорья и горных систем Восточной Сибири и Дальнего Востока. Вся эта территория имеет сложное геологическое строение и преимущественно горный рельеф. Почвообразующие породы представлены элювием и делювием коренных пород. Обширные территории здесь занимают Лено-Вилуйская, Зейско-Буреинская, Нижне-Амурская низменности, отличающиеся равнинностью рельефа. Почвообразующие породы представлены глинистыми и суглинистыми древнеаллювиальными отложениями.

26.2. Подзолистые и глее-подзолистые почвы

Генезис. Большое влияние на современные представления о подзолообразовании оказали работы В.Р.Вильямса, К.К.Гедройца, И.В.Тюрина, Н.П.Ремезова, С.П.Яркова, А.А.Роде, В.В.Пономаревой и ряда других ученых.

Подзолистые почвы формируются под хвойными и смешанными лесами под воздействием подзолистого процесса почвообразования в сочетании с другими процессами.

Подзолистый процесс почвообразования протекает в условиях промывного типа водного режима при низком содержании оснований в почвообразующих породах и низком уровне их по-

ступления с опадом. Для подзолообразования характерно сочетание элювиальных элементарных почвенных процессов (ЭПП) (оподзоливание — ведущий ЭПП, лессивирование, элювиально-глеевый процесс) в сочетании с иллювиально-аккумулятивными ЭПП (глинисто-иллювиальный, иллювиально-гумусовый, иллювиально-железистый и др.).

Под действием элювиальных ЭПП происходит обеднение основаниями и разрушение первичных и вторичных минералов в верхней части почвенного профиля органическими кислотами, вынос продуктов разрушения в нижележащие горизонты. В результате элювиальных ЭПП формируются элювиальные горизонты. При иллювиально-аккумулятивных ЭПП продукты разрушения вышележащих горизонтов аккумулируются в иллювиальных горизонтах. Таким образом формируется элювиально-иллювиальный профиль подзолистых почв. Источником органических кислот являются лесные подстилки. При их разложении образуются простые органические кислоты и фульвокислоты. Для нейтрализации кислот в подзолистых почвах недостаточно оснований из-за интенсивного их выноса за пределы почвенного профиля в условиях промывного типа водного режима.

Кроме того в подзолистых почвах на поверхности происходит образование лесной подстилки в сочетании с детритообразованием и слабым проявлением гумусообразования. В условиях избыточного увлажнения при недостатке кислорода на подзолистый процесс накладывается процесс оглеения. В глее-подзолистых почвах процесс оглеения протекает повсеместно и является зональным.

Строение профиля подзолистых почв. Подзолистые почвы имеют следующую систему горизонтов: $A_0 - A_0A_1 - (A_1A_2) - A_2 - A_2B - B_1 - B_2 - BC - C$.

A_0 — лесная подстилка мощностью до 10 см.

A_0A_1 — органо-минеральный, грубогумусовый (содержит детрит), мощность до 5 см.

A_1A_2 — элювиально-аккумулятивный, белесо-серый, порошистый, мощностью до 3 см (может отсутствовать).

A_2 — элювиальный подзолистый горизонт, самый осветленный в профиле (белесый, светло-серый), структура плитчатая, листоватая или порошистая, мощностью до 20 см и более.

A_2B — переходный элювиально-иллювиальный, неоднородно окрашенный (бурый с белесыми языками), непрочномелкоореховатой или ореховато-плитчатой структуры, мощностью до 10-15 см.

B — иллювиальный, бурый, самый яркоокрашенный в профиле, плотный, ореховато-комковатый. При мощности более

30 см подразделяется на горизонты B_1 и B_2 .

BC — переходный, более светлой окраски, крупно-призматический или глыбистый.

C — почвообразующая порода, не измененная или слабо измененная почвообразованием.

Цвет, структура, плотность подзолистых почв во многом зависят от свойств почвообразующей породы и гранулометрического состава.

Глее-подзолистые почвы имеют следующую систему генетических горизонтов: $A_0 - A_{2g} - A_2B_g - B - BC - C$. У них проявляется оглеение в горизонте A_{2g} и A_2B_g в виде сизых и ржавых пятен и отсутствуют горизонты A_0A_1 и A_1A_2 .

Состав и свойства подзолистых и глее-подзолистых почв. Подзолистый процесс оказывает значительное влияние на состав и свойства подзолистых почв, которые резко дифференцированы в профиле.

Минералогический и гранулометрический состав. В минералогическом составе преобладают первичные минералы: кварц, полевые шпаты, слюды. Из вторичных минералов в составе илистой фракции присутствуют гидрослюды, оксиды железа и алюминия, вермикулит, монтмориллонит, в небольших количествах каолинит. В гранулометрическом составе наблюдается четкая дифференциация по содержанию ила в профиле почв. Подзолистый горизонт обеднен, а иллювиальный — заметно обогащен илистой фракцией (рис. 26.1). В песчаных почвах резкой дифференциации содержания ила в профиле не наблюдается.

Химический состав. Суглинистые и глинистые подзолистые почвы в валовом составе содержат 70-80% оксидов кремния и 15-20% оксидов железа и алюминия. Наблюдается резкая дифференциация их содержания в профиле, связанная с подзолистым процессом: в подзолистом горизонте содержится меньше оксидов железа и алюминия, но больше оксидов кремния (остаточное накопление), по сравнению с иллювиальным горизонтом и породой (рис. 26.1). Такая дифференциация является диагностическим признаком подзолистых почв.

Содержание гумуса в грубогумусовом и элювиально-гумусовом горизонте 2-4%, в подзолистом — менее 1%. Запасы гумуса очень низкие (около 30 т/га в слое 0-30 см). В составе гумуса преобладают фульвокислоты: отношение $C_{ГК}:C_{ФК} - 0,3-0,6$. Подзолистые почвы обеднены элементами питания для растений.

Физико-химические свойства почв. Подзолистые почвы характеризуются низкой емкостью катионного обмена (ЕКО), которая оп-

Рис. 26.1. Подзолистая среднесуглинистая почва на покровном суглинке



	Гумус, %	C _{гк} /C _{фк}	pH _{KCl}	S	Hг	Валовые, %		Содержание фракций	
				мг-экв/100г		SiO ₂	R ₂ O	<0,01 мм	<0,001 мм
A ₀	73,5*	0,8	4,7	28,1	7,8	-	-	-	-
A ₁	3,2	0,5	4,3	13,3	5,5	75,5	17,4	32,4	6,5
A ₂	0,4	0,4	4,1	6,0	3,8	75,1	17,8	31,2	6,0
A ₂ B	0,3	0,3	4,3	8,0	4,3	74,3	20,3	38,0	13,7
B	0,2	-	4,5	9,4	3,8	66,5	25,4	43,8	18,0
BC	0,2	-	4,7	10,3	3,7	66,6	25,8	42,3	18,4
C	0,1	-	4,7	13,4	4,2	68,4	23,3	43,4	17,4

* потеря от прокаливания

ределяется в основном гранулометрическим составом. В подзолистом горизонте песчаных и супесчаных почв ЕКО — 2-3 мг-экв, в суглинистых — 10-12 мг-экв на 100 г почвы. В иллювиальном горизонте ЕКО повышается в связи с более высоким содержанием ила.

В составе поглощенных катионов в ППК содержатся катионы Ca²⁺, Mg²⁺, H⁺ и Al³⁺. Степень насыщенности ППК основаниями составляет 30-50%, поэтому реакция среды кислая — pH_{KCl} 3,5-4,5, pH_{H₂O} 4-5. С глубиной в профиле кислотность несколько снижается.

Физические и водно-физические свойства подзолистых почв определяются в основном гранулометрическим составом. Они характеризуются повышенной плотностью, неудовлетворительной структурой. Часто наблюдается избыток влаги, особенно в тяжёло-суглинистых и глинистых разновидностях.

Свойства освоенных подзолистых почв аналогичны свойствам освоенных дерново-подзолистых. Различия в основном связаны с более низкой обеспеченностью теплом и повышенной влажностью подзолистых и, особенно, глес-подзолистых почв.

26.3. Дерново-подзолистые почвы

Генезис. Дерново-подзолистые почвы формируются в результате подзолистого и дернового процессов почвообразования под травянистыми и мохово-травянистыми лесами, в условиях промывного водного режима. Сущность подзолистого процесса была нами описана в предыдущем разделе. В условиях южной тайги проявление подзолистого процесса несколько ослабевает в связи с уменьшением промачиваемости, снижением выноса оснований из почвенного профиля и увеличением оснований в составе опада травянистой растительности.

Сущность дернового процесса заключается в накоплении гумуса, оснований, элементов питания и в формировании водопрочной структуры под воздействием травянистой растительности. Ведущим ЭПП в дерновом процессе является гумусообразование.

Факторы, оптимальные для гумусообразования, усиливают проявление дернового процесса, в частности, наличие оснований щелочноземельных металлов в почвообразующих породах, почвенных растворах и в составе опада травянистой растительности. Основания нейтрализуют органические кислоты и связывают гумусовые вещества в неподвижные и труднорастворимые микроорганизмами формы.

В результате дернового процесса формируется гумусово-аккумулятивный горизонт А. В дерново-подзолистых почвах в связи с наложением подзолистого процесса, наряду с накоплением гумуса, в горизонте А происходит вынос оксидов железа и алюминия и илистой фракции, поэтому гумусовый горизонт называется гумусово-элювиальным и обозначается символом A_1 .

Строение профиля дерново-подзолистых почв. Дерново-подзолистые почвы имеют следующую систему генетических горизонтов: $A_0 - (A_0A_1) - A_1 - A_2 - A_2B - B - BC - C$. В отличие от подзолистых у них четко обособлен гумусово-элювиальный горизонт A_1 мощностью более 5 см (обычно в пределах 5-15 см).

Состав и свойства дерново-подзолистых почв. На состав и свойства дерново-подзолистых почв значительное влияние оказывает дерновый процесс почвообразования, в результате которого

в гумусовом горизонте накапливается гумус, основания и элементы питания для растений. Минералогический и гранулометрический составы дерново-подзолистых и подзолистых почв аналогичны и зависят от состава почвообразующих пород. В валовом составе так же наблюдается дифференциация ила, оксидов железа, алюминия и кремния, как в подзолистых почвах (рис. 26.2).

Содержание гумуса в гумусовом горизонте суглинистых разновидностей — 3-6%, в песчаных и супесчаных — 1,5-3% (табл. 26.1). Состав гумуса фульватный — отношение $C_{ГК}:C_{ФК}$ находится в пределах 0,3-0,5. Содержание гумуса резко снижается с глубиной и в A_2 составляет 0,2-0,5%. Запасы гумуса в слое 0-20 см — более 50 т/га.



Рис. 26.2. Дерново-подзолистая среднесуглинистая почва на покровном суглинке

	Гумус, %	$C_{ГК}/C_{ФК}$	pH_{KCl}	S	Hr	Валовые, %		Содержание фракций	
				мг-экв/100г		SiO ₂	R ₂ O	<0,01 мм	<0,001 мм
A_0	62,1	1,3	5,4	-	-	-	-	-	-
A_1	3,7	0,6	4,8	15,2	3,1	81,3	14,3	34,1	9,4
A_2	0,3	0,4	4,1	10,2	2,4	82,1	13,7	33,7	8,2
A_2B	0,2	0,3	4,3	12,1	2,7	78,4	17,4	40,1	12,4
B	0,2	-	4,3	13,1	2,5	76,3	18,7	43,2	14,5
BC	0,1	-	4,4	14,4	3,2	76,1	18,1	42,1	13,7
C	0,1	-	4,4	14,7	2,7	75,2	18,0	13,9	1,43

Физико-химические свойства. Емкость катионного обмена в дерново-подзолистых почвах выше, чем в подзолистых, в связи с более высоким содержанием гумуса. В гумусовом слое суглинистых и глинистых почв она достигает 15-20 мг-экв на 100 г, в песчаных и супесчаных — только 4-10 мг-экв. В составе поглощенных катионов — Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ и Al^{3+} . Степень насыщенности основаниями — 40-70%. Обменные катионы водорода и алюминия обуславливают кислую реакцию среды (pH_{KCl} обычно варьирует в пределах 3,3-5,5).

Физические и водно-физические свойства. В связи с более высоким содержанием гумуса дерново-подзолистые почвы имеют более низкую плотность верхнего слоя, они лучше оструктурены по сравнению с подзолистыми, у них выше пористость. В целом естественное плодородие этих почв выше, чем у подзолистых и глее-подзолистых. Они являются преобладающими в пахотном фонде почв таежно-лесной зоны.

26.3.1. Условия почвообразования и свойства пахотных дерново-подзолистых почв

Условия почвообразования. При освоении дерново-подзолистых почв под пашню существенно изменяются следующие условия почвообразования: обеспеченность теплом и влагой, характер поступления и состав источников гумуса, степень антропогенного воздействия (различные мелиорации, органические и минеральные удобрения, обработки и др.).

Обеспеченность теплом и влагой. Пахотные почвы быстрее освобождаются от снега и сильнее прогреваются из-за большей их открытости. При этом на склонах появляется поверхностный сток, снижающий обеспеченность растений влагой. В зимнее время под влиянием ветровых потоков на многих участках наблюдается снос снега, так же приводящий к снижению запасов влаги.

В освоенных дерново-подзолистых почвах в июле-августе наблюдаются периоды их иссушения, вплоть до влажности завядания. Более высокая контрастность режима влажности ухудшает снабжение растений влагой, но улучшает условия гумусообразования. Многие культуры, особенно овощные и плодовые, нуждаются в дополнительных поливах.

Поступление и состав источников гумуса. На дерново-подзолистых почвах возделываются следующие сельскохозяйственные культуры: зерновые озимые и яровые, зерновые бобовые, технические (картофель, кормовые корнеплоды), овощные, многолетние и однолетние травы, а также разнообразные ягодные и плодовые.

Поступление послеуборочных остатков в агроценозах несколько снижается по сравнению с целинными фитоценозами. Наибольшее количество послеуборочных остатков — под многолетними травами — 4-8 т/га, в зависимости от урожайности, меньше под зерновыми — 2-3 т/га и еще меньше под пропашными — 0,5-1,5 т/га. В среднем для полевых севооборотов оно составляет, примерно, 3 т/га в год. В составе послеуборочных остатков как правило, более высокое содержание зольных элементов и азота, по сравнению с опадом естественных фитоценозов.

Органические удобрения — важный источник гумуса и элементов питания для растений. Для поддержания оптимального количества легкоразлагаемого органического вещества необходимо вносить навоза или компостов не менее 10-15 т/га в год (2,5-4 т/га сухого вещества), под овощные культуры — 20-30 т/га в год. Однако дефицит органических удобрений не позволяет обеспечить все пахотные почвы зоны необходимым их количеством.

Послеуборочные остатки и органические удобрения запахиваются и перемешиваются с массой почвы, в отличие от поверхностного опада целинных почв, что снижает минерализационные потери органического вещества.

Хозяйственная деятельность. При сельскохозяйственном использовании освоенных дерново-подзолистых почв применяют следующие мероприятия: известкование, применение органических и минеральных удобрений, оптимизация структуры посевных площадей, создание пахотного слоя оптимальной мощности, агротехнические мероприятия, направленные на регулирование влажности, противоэрозионные мероприятия на склонах, камнеуборочные работы.

Известкование — химическая мелиорация, направленная на оптимизацию реакции среды. Дозы извести составляют 3-10 т/га, периодичность внесения на суглинистых почвах — 10 лет, на песчаных и супесчаных — 5-6 лет. Известкование оптимизирует реакцию среды, повышает эффективность минеральных удобрений, улучшает биологический режим почв, увеличивает доступность для растений элементов питания, улучшает структуру и условия гумусообразования.

Органические и минеральные удобрения оптимизируют условия питания растений, физико-химические, водно-физические, биологические свойства, улучшают условия гумусообразования за счет увеличения количества послеуборочных остатков. Многие виды минеральных удобрений увеличивают подвижность гумуса и доступность его микроорганизмам.

Оптимизация структуры посевных площадей — это введение севооборотов, снижающих почвоутомление, увеличивающих количество послеуборочных остатков и улучшающих биологический режим и структуру почв. Особенно эффективно в этом отношении возделывание многолетних трав и введение промежуточных посевов; на легких почвах — запашка сидератов.

Создание пахотного слоя оптимальной мощности достигается его углублением до 25-27 см, а под плодовые культуры — до 35-40 см. Углубление проводится за счет малоплодородного подзолистого горизонта, поэтому на каждый сантиметр углубления необходимо вносить не менее 30 т/га органических удобрений и дополнительное количество извести, чтобы не снизить плодородие пахотного слоя. В ряде случаев эффективно чизелевание — глубокое рыхление почв до 35-40 см без оборота пласта, особенно на тяжелых по гранулометрическому составу почвах.

Оптимизация обработок направлена на снижение числа обработок, замену вспашки дискованием при проведении вспашки один раз в несколько лет (минимализация обработок). Частые обработки увеличивают минерализационные потери гумуса из-за усиления аэрации, механически разрушают почвенную структуру, усиливают процесс выпахивания. Обработками (боронование, прикатывание) достигается оптимизация влажности и плотности.

Противоэрозионные мероприятия снижают поверхностный сток. К ним относятся агротехнические (контурная обработка, глубокое рыхление, щелевание, лункование и др.), гидротехнические (закрепление оврагов) и агролесомелиоративные (лесные насаждения). Подробнее они будут рассмотрены в заключительной части.

Камнеуборочные работы улучшают условия возделывания сельскохозяйственных культур и применения тех или иных мероприятий.

Мелиоративные мероприятия по коренному улучшению легких и тяжелых почв проводятся на ограниченных площадях. К ним относятся: внесение мелиоративных норм торфа (200-300 т/га), глинование легких и пескование глинистых и тяжелосуглинистых почв.

Дерново-подзолистые пахотные почвы в зависимости от степени окультуренности разделяются на освоенные, окультуренные и сильноокультуренные, или культурные.

Освоенные дерново-подзолистые почвы формируются в условиях низкой агротехники, при нерегулярном внесении органических и минеральных удобрений, известковании неполными дозами. Профиль освоенных дерново-подзолистых почв имеет следующую систему горизонтов: Апак — (A₂) — (A₂B) — В — ВС — С. Пахотный

слой представляет собой смесь гумусового, подзолистого, а иногда и переходного горизонтов целинных почв (рис. 26.3). Наиболее часто он имеет комковато-порошистую структуру и обладает неудовлетворительными агрономическими свойствами (табл. 26.1).

26.1. Характеристика гумусового и пахотного горизонтов дерново-подзолистых почв (составлена И.С.Кауричевым (1989) на основе данных "Классификации почв СССР", 1977)

Показатель	Целин- ные	Освоенные (слабоокуль- туренные)	Окультуренные (среднеокуль- туренные)	Культурные** (сильноокуль- туренные)
Глинистые и суглинистые				
Мощность горизонта А ₁ или Апах, см	5-15	20	20-25	25-30
Гумус, %	2-6	1,5-2,5(3,0)	2-3,0	2,5-5,0
С _{гк} :С _{фк}	0,3-0,5	0,5-0,7	0,6-0,8	1,1-1,3
S, мг-экв / 100 г почвы	4-8	5-8	7-10	15-25
ЕКО, мг-экв / 100 г почвы	8-15	10-15	12-18	20-30
V, %	10-50	40-60	60-80	80
pH _{KCl}	3,3-4,3 (4,5)	4,3-4,7	5,0-5,5 (4,5-4,7)	
Содержание подвижных форм:				
K ₂ O	Низкое	Низкое и среднее	Среднее и высокое	Очень высокое
P ₂ O ₅	«	Низкое	То же	То же
Супесчаные и песчаные*				
Мощность горизонта А ₁ или Апах, см	<u>5-15</u> 5-15	15-20(25)	20-25	Обобщенные данные отсутствуют
Гумус, %	<u>1-1,5(5)</u> 1,5(3)	<u>1,3-2,0</u> 0,5-1,5	<u>2,5-3,0</u> 1,5-2,0	
С _{гк} :С _{фк}	<u>0,3-0,5</u> 0,3-0,5	<u>0,4-0,5</u> 0,4-0,5	<u>0,6-0,9</u> 0,6-0,9	
S, мг-экв / 100 г почвы	<u>3-5</u> 1-2	<u>2,0-4,0</u> 0,8-4,0	<u>7-10</u> 3-6	
ЕКО, мг-экв / 100 г почвы	<u>4-10</u> 2-4	<u>4-10</u> 3-7	<u>6-12</u> 5-8	
V, %	<u>20-50</u> 20-40	<u>20-50</u> 20-50	60-70(80)	
pH _{KCl}	<u>3,7-4,8</u> 3,7-4,8	<u>3,9-4,9</u> 3,9-4,9	<u>5,5-6,0</u> 5,5-6,0 (4,7-5,5)	
Содержание подвижных форм:				
K ₂ O	Очень низкое	Очень низкое	Среднее и высокое	
P ₂ O ₅	То же	То же	Низкое	

* В числителе — данные для супесчаных почв, в знаменателе — для песчаных.

** Почвы огородов, приусадебных участков и др.

Тем не менее запасы гумуса в 30-см слое освоенных дерново-подзолистых почв превышают таковые в соответствующем слое целинных, что связано с улучшением условий гумусообразования и распределением гумуса в более мощном пахотном слое (табл. 26.2).

Окультуренные дерново-подзолистые почвы формируются в условиях более высокой агротехники, по сравнению с освоенными, при регулярном внесении средних доз (10-15 т/га в год) органических удобрений и известковании. Их свойства существенно

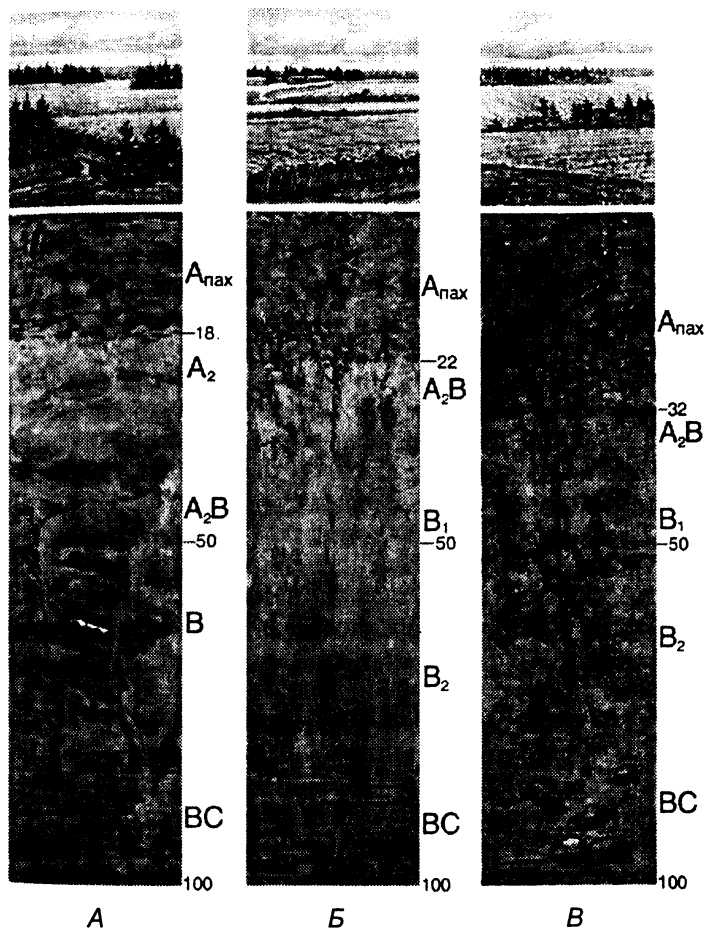


Рис. 26.3. Освоенные (А), окультуренные (Б) и культурные (В) дерново-подзолистые почвы

26.2. Обобщенные уровни стабилизации содержания и запасов углерода гумуса в дерново-подзолистых почвах (Ганжара, 1980)

Варианты, дозы органических удобрений, т/га	Число образцов	Среднее содержание С, % в $A_{пах}$ (A_1)	Варьирование С, % в $A_{пах}$ (A_1)	Средние запасы С, т/га в слое 0-50 см
Суглинистые				
Целинные	77	1,7	0,9-2,8	31
Освоенные:	448	1,0	0,7-1,4	40
10-15	190	1,3	1,0-2,0	48
20-30	70	1,6	1,4-2,5	62
40-60	10	2,5	1,7-3,0	90
Супесчаные и песчаные				
Целинные	61	0,7	0,3-1,3	18
Освоенные:	123	0,6	0,4-1,0	25
10-15	72	0,8	0,6-1,2	40

улучшаются по сравнению с освоенными. В пахотном слое окультуренных дерново-подзолистых почв увеличивается содержание гумуса, ЕКО, степень насыщенности основаниями, обеспеченность элементами питания, снижается кислотность, улучшаются физические свойства почв.

Культурные дерново-подзолистые почвы формируются в условиях интенсивного окультуривания при регулярном внесении высоких доз органических удобрений (более 20-30 т/га в среднем за год) и систематическом известковании. Они не имеют широкого распространения и занимают в основном огородные и приусадебные участки, прифермские и овощные севообороты, плодопитомники. Свойства их изменяются настолько существенно, что их выделяют на уровне отдельного типа. Пахотный слой приобретает темно-серую окраску, имеет мелкокомковатую структуру, низкую плотность и повышенную порозность, высокое содержание гумуса (до 5% и более), близкую к нейтральной реакцию среды, высокие ЕКО и степень насыщенности основаниями. В групповом составе гумуса преобладают гуминовые кислоты.

Выпаханные дерново-подзолистые почвы в классификации, в качестве самостоятельной единицы, не выделяются. К ним могут относиться освоенные, окультуренные и культурные дерново-подзолистые почвы, в которые длительное время (более 5 лет) не вносились органические удобрения при интенсивном использовании их под пропашные культуры. В таких почвах происходит механическое разрушение структуры без ее возобновления из-за отсутствия или низкого содержания легкоразлагаемых свежих органических веществ, участвующих в формировании структуры. Вос-

становление выпаханых почв может быть проведено в короткие сроки путем внесения повышенных доз органических удобрений или травосеяния.

26.3.2. Классификация и краткая агроэкологическая характеристика дерново-подзолистых почв

Дерново-подзолистые почвы делятся на три фациальных подтипа. Дерново-подзолистые умеренно теплые, кратковременно промерзающие (дерново-палево-подзолистые почвы) распространены в Калининградской области, Белоруссии и Прибалтийских республиках. Дерново-подзолистые умеренно промерзающие почвы распространены на территории южной тайги европейской части России, дерново-подзолистые умеренно холодные, длительно промерзающие почвы распространены в южной части таежной зоны Сибири. С запада на восток в связи с нарастанием степени континентальности климата и снижения суммы активных температур в теплый период, снижения количества осадков снижается мощность почвенного профиля с 200-250 см до 100-150 см.

Агрономические свойства фациальных подтипов дерново-подзолистых почв довольно близки. Различия их сельскохозяйственного использования заключаются в наборе культур, сортов с разными сроками созревания, условиями перезимовки растений.

Наибольшее распространение имеют следующие роды дерново-подзолистых почв, требующие дифференцированного использования. *Обычные* — на глинистых и суглинистых почвообразующих породах с характерными подтиповыми признаками — используются под все районированные культуры.

Остаточно-карбонатные — на породах, содержащих карбонаты кальция. С поверхности имеют слабокислую и кислую реакцию среды, а в нижних горизонтах (В или С) — слабощелочную, содержат карбонаты. Могут использоваться под все культуры. У плодовых культур с глубокой корневой системой (яблоня, груша) на таких почвах развиваются функциональные заболевания, связанные со сменой реакции среды в пределах почвенного профиля (хлороз, мелколиственность).

Со вторым гумусовым горизонтом — на фоне горизонта A_2 или под ним выделяется в виде пятен или сплошной полосой реликтовый гумусовый горизонт. Используются под все культуры.

Контактно-глеевые — формируются на двучленных породах. На контакте пород возникает переувлажнение и оглеение, что ограничивает их использование под плодовые культуры.

Слабодифференцированные — на песчаных и супесчаных почво-

образующих породах (боровые пески) — горизонт A_2 выражен фрагментарно или отсутствует. Обладают пониженным плодородием. В засушливые периоды резко проявляется недостаток влаги для растений. Нуждаются в мелиоративных дозах органических удобрений.

Псевдофибровые — на слоистых песках, часто оглеенных, наличие плотных прослоек делает их непригодными для выращивания плодовых культур.

Иллювиально-гумусовые и иллювиально-железистые. Горизонт В — от ярко-охристого до темно-коричневого в зависимости от содержания в нем гумуса (иногда до 5%) и железа, уплотнен. Нижняя часть профиля часто оглеена. Неудовлетворительные свойства горизонта В ограничивают использование этих почв под плодовые культуры.

Разделение целинных дерново-подзолистых почв на виды производится по мощности гумусового горизонта: *слабодерновые* — $A_1 < 10$ см; *среднедерновые* — $A_1 10-15$ см; *глубокодерновые* — $A_1 > 15$ см.

По глубине нижней границы подзолистого горизонта (от нижней границы лесной подстилки) выделяются: *поверхностно-подзолистые* < 10 см; *мелкоподзолистые* — 10-20 см; *неглубокоподзолистые* — 20-30 см; *глубокоподзолистые* — > 30 см.

Деление пахотных дерново-подзолистых почв на виды несколько отличается от целинных. По мощности подзолистого горизонта: *дерново-слабоподзолистые* — горизонт A_2 отсутствует либо выражен в виде пятен; *мелкоподзолистые* — $A_2 < 10$ см; *неглубокоподзолистые* — $A_2 10-20$ см; *глубокоподзолистые* — $A_2 > 20$ см. По мощности пахотного слоя: *мелкопахотные* (Апах < 20 см); *среднепахотные* (Апах + $A_1 20-30$ см); *глубокопахотные* (Апах + $A_1 > 30$ см).

Среди дерново-подзолистых почв, развитых на глинистых и суглинистых почвообразующих породах, встречаются, как вид, *поверхностно-слабоглееватые* почвы, в которых во влажные годы проявляется избыток влаги, а в сухие они лучше обеспечивают влагой сельскохозяйственные культуры.

По степени эродированности дерново-подзолистые почвы делятся на: *слабосмытые* — вспашкой затронута верхняя часть горизонта A_2B , поверхность почвы осветлена, с буроватым оттенком, залегают на склонах до 3° ; *среднесмытые* — запахан горизонт A_2B и B_1 , цвет пашни бурый, залегают на склонах $3-5^\circ$; *сильносмытые* — распахан горизонт B_2 , признаки подзолистости в профиле не видны, залегают на склонах крутизной более 5° .

По мере увеличения мощности гумусового и пахотного слоев плодородие почв возрастает, а с увеличением мощности подзолистого горизонта и степени смытости — существенно снижается.

26.4. Дерновые почвы

Дерновые почвы в таежно-лесной зоне занимают небольшие площади, но они встречаются во всех подзонах и фациях — от Калининградской и Ленинградской областей на западе до Камчатки и Курильских островов на востоке, а также в других зонах, вплоть до субтропиков.

Распространение их в таежно-лесной зоне, как и в других влажных областях, связано, в основном, с дополнительным источником оснований, которые способствуют развитию травянистой растительности и дернового процесса почвообразования.

В зависимости от источника оснований дерновые почвы разделяются на три типа:

- дерново-карбонатные — формируются на карбонатных породах (известняки, доломит, мергели, карбонатные морены), известны в зарубежной литературе под названием рендзины;
- дерново-литогенные — на породах, содержащих силикатные формы кальция и магния, преобладают в Восточной Сибири;
- дерново-глеевые — образуются при участии сильноминерализованных, обогащенных кальцием грунтовых вод.

Сущность дернового процесса заключается в следующем. Основания нейтрализуют органические кислоты, связывают гумусовые вещества в неподвижные и труднодоступные для организмов формы. Сочетание действия оснований с обильным корневым опадом трав приводит к тому, что в дерновых почвах накапливается повышенное количество гумуса и формируется водопрочная структура. С течением времени, в условиях промывного типа водного режима, основания постепенно выщелачиваются, дерново-карбонатные и дерново-литогенные почвы эволюционируют в выщелоченные и оподзоленные, а затем — в дерново-подзолистые остаточно-карбонатные.

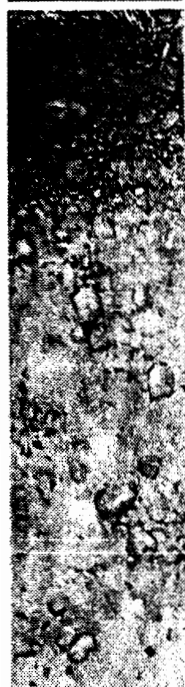
Дерново-карбонатные почвы. Профиль дерново-карбонатных почв имеет следующую систему генетических горизонтов: A_0 — A_1 — B — C_k — (D_k). Мощность профиля часто ограничивается на глубине 30–110 см плотной коренной породой (D_k), представляющей собой плитняк известковых пород или очень сильно щебнистые продукты их выветривания. В дерново-карбонатных оподзоленных почвах в нижней части A_1 выделяется оподзоленный горизонт A_1A_2 .

Агрономические свойства гумусового слоя дерново-карбонатных почв значительно лучше, чем дерново-подзолистых (табл. 26.3, рис. 26.4).

26.3. Свойства дерново-карбонатных почв (Классификация и диагностика почв СССР, 1977)

Свойства	Подтипы		
	типичные	выщелоченные	оподзоленные
Мощность A ₁ , см	5-15	20-30	20-30
Мощность профиля, см	20-50	60-100	100-120
Содержание гумуса, %	5-20	3-10	3-12
C _{гк} :C _{фк}	>1	1	0,7-0,9
EКО, мг-экв на 100 г	40-50	20-30	20-30
V, %	95-98	90	50-60
pH _{KCl}	6,5-7,5	5,5-6,5	4,5-5,6
pH _{KCl} в горизонте C	7,0	7,0	7,0

Рис. 26.4. Дерново-карбонатная типичная тяжелосуглинистая каменистая почва (рендзина) на карбонатной морене



	Гумус, %	C _{гк} /C _{фк}	pH _{KCl}	CO ₂ карбонатив %	S	Hг	Валовые, %			Содержание фракций	
					мг-экв/100г		SiO ₂	R ₂ O	CaO	<0,01 мм	<0,001 мм
A _d	13,4	1,1	6,9	1,5	34,3	0,1	73,1	15,1	2,7	46,0	17,6
A ₁	4,4	0,9	6,9	2,2	21,4	0,1	73,2	15,2	2,5	46,7	16,8
A ₁ B	2,1	0,9	6,8	2,7	20,1	0,1	72,8	14,8	2,3	46,9	17,2
B _k	0,4	-	7,1	13,4	-	-	63,2	10,3	21,2	45,1	16,7
BC _k	0,2	-	7,3	14,7	-	-	62,7	10,2	23,4	45,3	16,9
C _k	0,1	-	7,2	15,5	-	-	62,9	10,4	27,1	44,8	17,3

Однако небольшая мощность почвенного профиля, смена реакции среды в пределах профиля с кислой на щелочную, повышенная щебнистость ограничивают использование этих почв под плодовые культуры.

При освоении под пашню свойства дерново-карбонатных почв существенно не изменяются. Процесс выпахивания может приводить к снижению содержания гумуса и легкоразлагаемых форм органических веществ.

Дерново-глеевые почвы. Формируются в условиях избыточного увлажнения жесткими грунтовыми водами. Слабая дренированность территории или близкое залегание грунтовых вод обуславливают присутствие в профиле оглеенных или глеевых горизонтов.



Рис. 26.5. Дерново-глеевая тяжелосуглинистая почва на делювиальных отложениях

	Гумус, %	C _{гк} /C _{ок}	pH _{ксл}	S	Hг	Валовые, %		Содержание фракций	
				мг-экв/100г		SiO ₂	R ₂ O	<0,01 мм	<0,001 мм
А _д	8,2	0,8	5,8	34,1	2,8	73,2	18,4	48,4	18,2
А _{1г}	5,4	0,6	5,7	27,3	1,7	72,8	18,1	47,9	18,7
А _{1В} _г	0,3								
В _г	0,3	0,3	5,9	24,2	0,8	73,0	17,8	49,5	17,9
ВС _г	0,2	-	5,9	24,8	0,6	72,7	17,9	48,6	18,1

Высокое содержание кальция в почвенных растворах препятствует отчетливому проявлению подзолистого процесса и стимулирует развитие гумусового горизонта.

Профиль дерново-глеевых почв имеет следующее строение: $A_d - A_{lg} - A_1B_g - B_g - C_g$. Процесс оглеения проявляется морфологически в виде сизых прожилок, ржавых примазок или сплошного глеевого горизонта (рис. 26.5).

Потенциальное плодородие дерново-глеевых почв высокое, но они требуют регулирования водного режима, а при сильной степени оглеения — и мелиоративного осушения. Характерные свойства этих почв: высокая гумусированность (5-20%), повышенное содержание гуминовых кислот, высокая обеспеченность элементами питания, нейтральная и слабокислая реакция среды (рН 5-7), высокая степень насыщенности основаниями (более 70%). Мощность гумусового горизонта (A_1) или перегнойного A^n (оглеенный, темного цвета, с высоким содержанием органического вещества, мажущийся) достигает 20-30 см.

Деление на подтипы происходит по характеру гумусового горизонта и глубине залегания оглеенных (глеевых) горизонтов: *дерново-поверхностно-глеевые* и *перегнойные поверхностно-глеевые* развиваются в понижениях на водоразделах; *дерново-грунтово-глеевые* и *перегнойные грунтово-глеевые* развиваются при близком залегании грунтовых вод на плоских, слабодренированных территориях, в днищах лощин и балок.

26.5. Торфяные болотные почвы

Генезис. Болотные почвы широко распространены в таежно-лесной и тундровой зонах. Их общая площадь составляет около 100 млн га. Формирование болотных почв происходит под влиянием болотного процесса, включающего биогенно-аккумулятивный ЭПП торфообразования и метаморфический ЭПП — оглеение. Торфообразование и оглеение протекают при избыточном увлажнении атмосферными, застойными и слабoprоточными грунтовыми водами разной степени минерализации. Изучению болотных почв посвящены работы В.С.Доктуровского, Г.И.Танфильева, В.Р.Вильямса, В.Н.Сукачева, Ф.Р.Зайделяна и других ученых.

Торфообразование — накопление на поверхности почвы растительных остатков разной степени разложения и гумификации в условиях избыточного увлажнения. Избыточное увлажнение вызывает недостаток кислорода и господство анаэробных процессов. В

таких условиях биологические процессы заторможены. Разложение и гумификация происходят более активно при летнем кратковременном снижении уровня почвенно-грунтовых вод и поступлении кислорода в почву. В каждом слое нарастающего торфа элементы зольной пищи и азот остаются в форме органических соединений и постепенно выходят из сферы почвообразования (консервируются), сохраняясь в торфяной залежи длительное время. Нарастание торфа идет весьма медленно — 1,5-2 мм в год.

Оглеение — биохимический процесс, связанный с восстановлением в анаэробных условиях ряда минеральных соединений, главным образом железа и марганца, в присутствии органического вещества с участием микроорганизмов. Почва приобретает серый, иногда зеленоватый или голубоватый оттенок с охристыми (ржавыми) пятнами, прожилками по трещинам и ходам корней. Оглеение сопровождается оглинением — образованием вторичных алюмосиликатов, феррисиликатов, в состав которых входит закисное железо, развитием денитрификации. Кроме того образуются фосфаты, закиси железа типа вивианита и труднорастворимых фосфатов железа. Одновременно изменяются физические свойства глеевого горизонта: повышается плотность, теряется структура, уменьшаются пористость и водопроницаемость, утяжеляется гранулометрический состав. Торфяные болотные почвы формируются под специфической влаголюбивой олиготрофной, мезотрофной и эвтрофной растительностью. Многие виды болотной растительности, особенно мхи, способны поглощать большое количество воды (влагоемкость мха “Кукушкин лен” достигает 570%, а сфагнома — до 3000%) и усиливать процессы заболачивания.

Типы заболачивания. Различают два типа заболачивания: заболачивание суши и заторфовывание водоемов.

Заболачивание суши происходит под действием атмосферных осадков или грунтовых вод в понижениях и на выровненных территориях при наличии водоупорных горизонтов, обуславливающих водозастойный тип водного режима. *Соответственно типу водного питания и химизму вод болота подразделяются на низинные — с грунтовым питанием жесткими водами, переходные — с начинающимся отрывом поверхности болота от грунтовых вод и усилением роли атмосферного питания, верховые — с питанием мягкими атмосферными водами.*

Заторфовывание водоемов — озер, речных стариц, заводей рек — происходит под действием усиливающегося зарастания земноводными растениями (камыш, тростник и др.) и плавающими (сабельник, телорез и др.). Заторфовывание происходит,

как правило, одновременно сверху и снизу. Образующееся болото постепенно проходит все стадии низинного, переходного и верхового.

26.5.1. Торфяные болотные верховые почвы

Болотные верховые почвы формируются на водоразделах, высоких террасах в условиях застойного увлажнения мягкими атмосферными осадками. Для этих почв характерно развитие влаголюбивой олиготрофной растительности, произрастающей при крайне небольшом количестве питательных элементов, сильно-кислой реакции и почти полном отсутствии кислорода в воде. Наиболее характерными растениями-индикаторами верховых болотных почв являются сфагновые мхи; полукустарники — багульник, морошка, кассандра, голубика, также клюква, шейхцерия и пушица; из древесных — угнетенные сосна, ель, береза.

Процесс формирования болотных почв происходит в условиях чрезвычайно низкого содержания оснований как в питающих болота атмосферных водах, так и в составе опада олиготрофной растительности. Поэтому в результате образуется торф с низкой зольностью, торфонакопление происходит в условиях сильно-кислой реакции среды. В свою очередь, кислая реакция и низкое содержание элементов питания резко снижают биологическую активность, подавляют деятельность микроорганизмов, что приводит к формированию торфа с низкой степенью разложения. Органическое вещество торфа представлено, преимущественно, целлюлозой, гемицеллюлозой, лигнином, воскосмолами.

Строение профиля. Нижней границей торфяной почвы считается глубина, до которой могут опускаться грунтовые воды (30-60 см), хотя мощность торфяников может достигать 2-3-х и более метров. В профиле верховых торфяных почв выделяют два горизонта: A_0^T — сфагновый очес мощностью 10-15 см, за ним следует T_1 , T_2 — слои торфа, различающиеся по цвету и плотности. Торф подстилается глеевым горизонтом G , который считается почвенным, если мощность торфа в профиле почв превышает 50 см (рис. 26.6).

По мощности торфяного горизонта различают следующие виды верховых торфяных почв: *торфянисто-глеевые* — 20-30 см; *торфяно-глеевые* — 30-50 см; *торфяные на мелких торфах* — 50-100 см; *торфяные на средних торфах* — 100-200 см; *торфяные на глубоких торфах* — более 200 см. По степени разложения торфа (верхние 30-50 см) выделяют: *торфяные* — менее 25% и *перегноино-торфяные* — 25-45%. Признаки различной степени разложения торфа приведены в табл. 26.4.

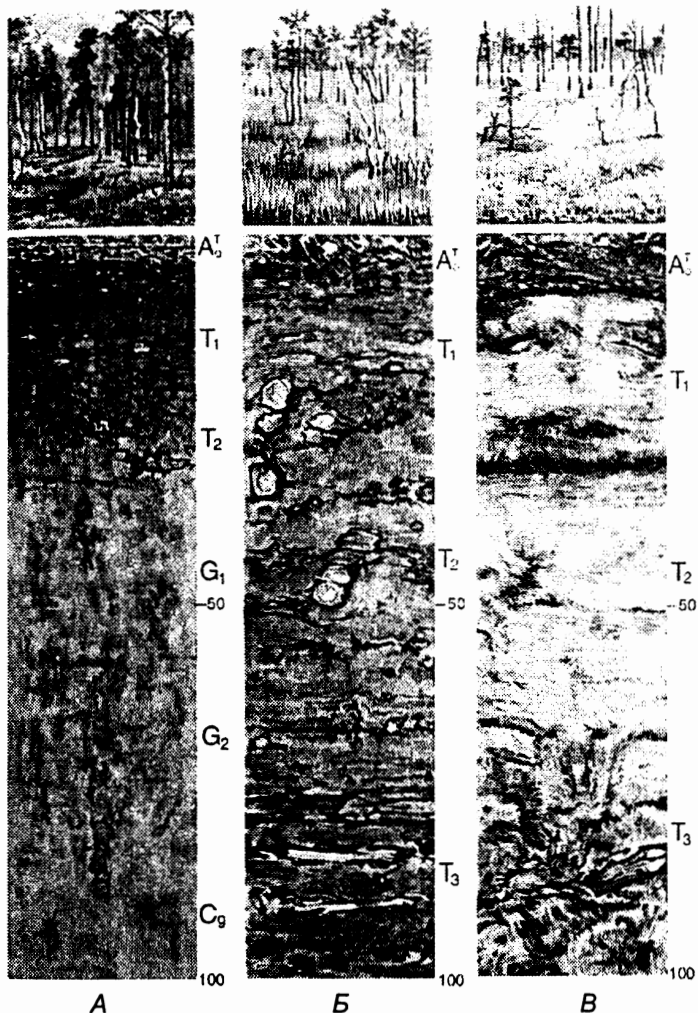


Рис. 26.6. Болотные верховые почвы: *А* — верховая торфяно-глиевая, *Б* — верховая переходная торфяная, *В* — верховая торфяная

Свойства болотных верховых почв. Для верховых торфяных почв характерны следующие свойства: низкая зольность — менее 5%; высокая кислотность — pH_{KCl} 2,5-3,8; низкая плотность — 0,03-0,1 г/см³; высокая влагосемкость — 700-1500, а иногда до 3000%; низкое содержание оснований и элементов питания: отно-

26.4. Признаки различной степени разложения торфа

Степень разложения		Основные признаки состояния торфа
%	название степени	
<15	Неразложившийся	Торфяная масса не продавливается между пальцами. Поверхность сжатого торфа шероховатая от остатков растений, которые хорошо различимы. Вода выжимается струей, как из губки, прозрачная, светлая.
15-20	Весьма слабо-разложившийся	Вода выжимается частыми каплями, почти образуя струю, слабо-желтоватая
20-25	Слаборазложившийся	Вода отжимается в большом количестве, желтого цвета, растительные остатки заметны хуже
25-35	Среднеразложившийся	Масса торфа почти не продавливается в руке, остатки растительности заметны; вода отжимается частыми каплями светло-коричневого цвета, торф начинает слабо пачкать руку.
35-45	Хорошо разложившийся	Масса торфа продавливается слабо. Вода выделяется редкими каплями, коричневого цвета.
45-55	Сильноразложившийся	Масса торфа продавливается между пальцами, пачкая руку. В торфе заметны лишь некоторые растительные остатки. Вода отжимается в малом количестве, темно-коричневого цвета.
>55	Весьма сильно-разложившийся	Торф продавливается между пальцами в виде грязеподобной черной массы. Вода не отжимается. Растительные остатки совершенно неразличимы.

сительно повышенное содержание азота (0,5-2,0%); емкость катионного обмена — 80-90 мг-экв на 100 г; низкая насыщенность основаниями — 10-30%. Торф слабогумусирован, содержание гумусовых веществ составляет 10-15% к массе торфа, а в их составе преобладают фульвокислоты.

В типе верховых болотных почв выделяется *род переходных остаточно-низинных засфагненных*, которые образуются из болотной низинной почвы при потере верхними горизонтами связи с минерализованными грунтовыми водами. Переходные болотные почвы характеризуются промежуточными свойствами между верховыми и низинными.

26.5.2. Торфяные болотные низинные почвы

Болотные низинные почвы формируются в глубоких депрессиях рельефа, на водораздельных равнинах, древнепойменных террасах при увлажнении *жесткими* грунтовыми водами, под мезотрофной и эвтрофной растительностью, требовательной к условиям питания и имеющей повышенное содержание зольных элемен-

тов (осоки, тростники, гипновые мхи; а также — ольха, ива; угнетенные — ель, береза, сосна). Жесткие грунтовые воды обогащены основаниями, поэтому торфообразование происходит в условиях слабокислой и нейтральной реакции среды. При этом создаются более благоприятные условия для функционирования микроорганизмов и формируется торф с высокой степенью разложения и повышенным содержанием гумифицированных веществ.

Строение профиля и свойства. Строение профиля и разделение на виды по мощности торфяного слоя болотных низинных почв аналогично верховым. Однако торф низинных болотных почв характеризуется более высокой степенью разложения. Поэтому под верхним горизонтом A_0^T выделяется среднеразложившийся торфяно-перегнойный горизонт $T^{ПТ}$ или сильноразложившийся перегнойный — $T^П$. Ниже следуют слои торфа T_1 , T_2 , различающиеся по цвету, плотности, степени разложения, а в торфяно-глеевых — G — глеевый горизонт (рис. 26.7).

Свойства болотных низинных торфяных почв существенно отличаются от верховых. Для них характерна повышенная зольность (более 10%), а в многозольных родах — до 30-50%, реакция среды — слабокислая или нейтральная (pH_{KCl} 5-6,5), повышенное содержание азота (1,6-3,8%) и валового кальция (1,5-5% и более). Емкость катионного обмена высокая — 130-200 мг-экв на 100 г почвы. Почвы насыщены основаниями. Низинные торфяные почвы относительно обеднены калием (0,03-0,2%) и фосфором (0,05-0,5%). Влагоемкость несколько ниже, чем у верховых (360-1000%), плотность несколько выше (0,1-0,15 г/см³).

В типе торфяных болотных низинных почв выделяются *подтипы болотных низинных обедненных торфяных и торфяно-глеевых*, которые формируются под воздействием слабоминерализованных грунтовых вод, преимущественно в средней и северной тайге. Для них характерны промежуточные свойства между низинными и верховыми: зольность — 5-10%, кислая реакция среды — pH 5,0-5,5, более низкое, чем у низинных (типичных), содержание кальция, азота.

Торф хорошо гумифицирован. Содержание гумусовых веществ достигает 40-50% к массе торфа, а в их составе преобладают гуминовые кислоты.

Низинные торфяники могут содержать повышенное количество железа (оруденелые), извести (карбонатные), водорастворимых солей (солончаковые), серной кислоты (сульфатные — pH_{KCl} может снижаться до 1,1).

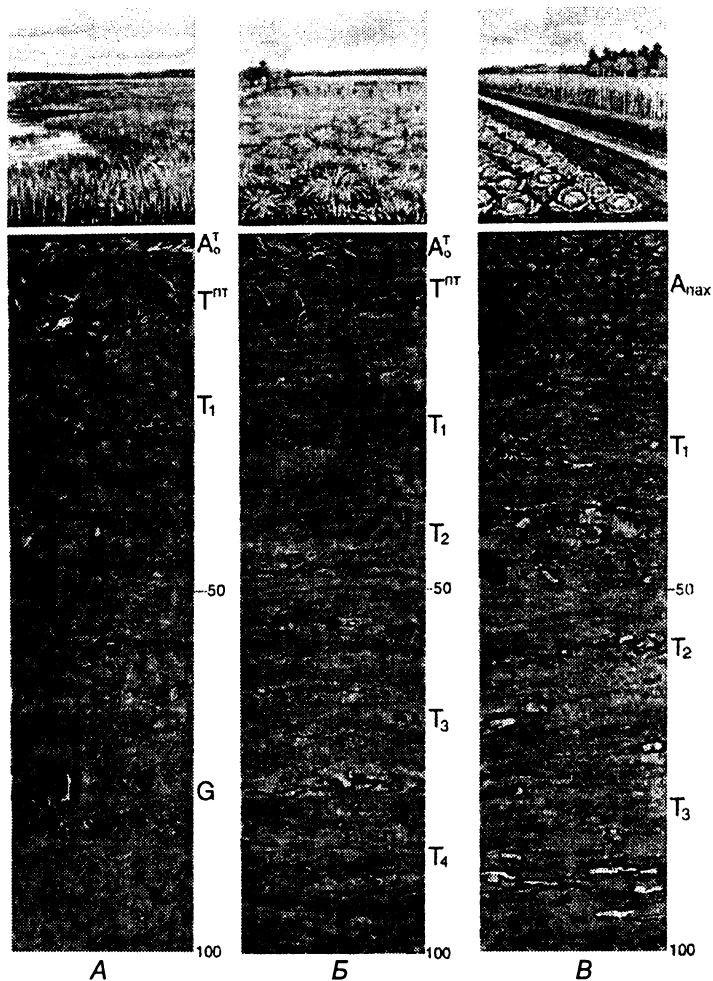


Рис. 26.7. Болотные низинные почвы: *A* — низинная торфяная на сапреле, *B* — низинная торфяная, *B* — окультуренная низинная торфяная

26.5.3. Особенности сельскохозяйственного использования болотных почв и торфа

Для сельскохозяйственного использования болотные почвы подлежат мелиоративному осушению. Осушенные болотные почвы используются под многолетние травы, кормовые и овощные

севообороты, технические и зерновые культуры.

Наиболее перспективными для осушения являются болотные низинные, в меньшей степени — болотные низинные обедненные. Нецелесообразно осушать для сельскохозяйственного освоения болотные верховые почвы из-за неудовлетворительных агрономических свойств торфяного слоя.

После мелиоративного освоения болотных почв происходит резкое изменение почвенных режимов: водного, воздушного, окислительно-восстановительного, биологического.

Водный режим. Общий для всех типов и подтипов целинных болотных почв тип водного режима — болотный застойный или грунтово-болотный слабопроточный — сменяется промывным или периодически промывным в средней и южной тайге, мерзлотным — в северной тайге и даже выпотным — в лесостепной зоне. Большую роль в весеннем увлажнении начинают играть надмерзлотные верховодки.

Тепловой режим. В освоенных почвах тепловой режим ухудшается. Почвы становятся более холодными, поскольку поры, занятые воздухом, обладают низкой теплопроводностью. При этом часто образуются мерзлотные прослойки, сохраняющиеся длительное время в теплый период года, а в северной тайге — постоянно мерзлотные горизонты.

Воздушный режим и окислительно-восстановительные условия. Осушенные почвы получают доступ кислорода, усиливается газообмен в пределах осушенной части профиля. Показатели E_h увеличиваются до 400 мВ и более.

Биологический режим. В осушенных торфяниках усиливается биологическая активность. Процесс накопления торфа, характерный для целинных болотных почв, сменяется в мелиорированных почвах его разложением и минерализацией. При этом мощность торфяной залежи сокращается до 1-2 см в год.

Агроэкологическая оценка осушенных болотных почв. После осушения резко усиливается влияние зонально-фациальных условий на почвенные процессы, что находит отражение в режимах и свойствах почв. Общим диагностическим признаком староосвоенных болотных почв является наличие пахотного слоя мощностью 20-30 см. В пахотном слое происходит возрастание зольности из-за усиления процессов минерализации. Одновременно увеличивается плотность, до $0,25 \text{ г/см}^3$ и выше, и снижается влагоемкость до 250-400%.

Для торфяных почв характерен высокий запас недоступной влаги (30-40% от полной влагоемкости). Пересушка может вызвать гибель урожаев и усиливает подверженность торфяников ветровой

эрозии. Нижний предел оптимального увлажнения — 55-60% от полной влагоемкости. Поэтому при освоении болотных почв часто рекомендуется двустороннее регулирование влаги и оптимальные нормы осушения (уровень зеркала грунтовых вод). В среднем для зерновых культур они составляют за весь период вегетации 70-80 см; для овощных, силосных — 80-100 см; трав — 60-80 см; плодовых деревьев — 200-250 см.

Болотные почвы имеют высокое содержание азота, однако он находится в труднодоступной для растений форме и поэтому при их использовании вносят азотные удобрений наряду с фосфорными и калийными.

На торфяных почвах проявляется недостаток ряда микроэлементов, особенно меди, что восполняется применением медных удобрений.

Для усиления биологической активности и улучшения условий питания рекомендуется вносить органические удобрения, а в почвах с кислой реакцией среды — проводить известкование.

При осушении болотных торфяных почв возможно появление ряда негативных последствий. К их числу относятся:

- ухудшение водного режима сопредельных территорий, условий питания рек, озер;
- пересушка почв, развитие ветровой эрозии;
- непроизводительная сработка торфов, повышенные газообразные потери углекислого газа, азота;
- повышенные концентрации химических веществ (нитратов, железа, марганца, компонентов удобрений) в дренажных водах и загрязнение ими водоемов.

Торф как удобрение и мелиорант. Торфяники являются невосполнимым национальным достоянием, поэтому прежде чем использовать их, необходимо провести всестороннее научное обоснование. Верховые болота являются природными кладовыми различных ягод, естественными регуляторами водного режима почв водоразделов и водного питания рек и озер. Длительное время торф разрабатывали в качестве топлива для электростанций, имеется опыт затратного их освоения под сельскохозяйственные культуры. В настоящее время ставится задача организации заповедников, особенно когда верховые болота расположены в верховьях рек.

Как удобрение, в чистом виде, торф неэффективен из-за низкой доступности элементов в его составе. В качестве органических удобрений используют различные виды компостов (торфо-навозные, торфо-пометные и др.), которые по эффективности не уступают различным видам навоза.

Имеется опыт использования торфа как мелиоранта легких и тяжелых почв. На легких почвах при внесении его в повышенных дозах (100-200 и более т/га) увеличивается связность, водоудерживающая способность, улучшаются сорбционные свойства, а тяжелые — становятся более рыхлыми. Такое использование в каждом случае должно иметь научное обоснование. Неоправданное использование торфа для повышения уровня гумусированности в ряде областей таежно-лесной зоны в настоящее время широко обсуждается в литературе.

Использование торфа как компонента тепличных грунтов будет рассмотрено в заключительной главе этой книги.

26.6. Болотно-подзолистые почвы

Болотно-подзолистые почвы распространены в таежно-лесной зоне среди подзолистых почв на слабодренированных территориях и в неглубоких понижениях, формируются при периодическом переувлажнении поверхностными (верховодка) или мягкими грунтовыми водами, относятся к почвам полугидроморфного ряда. Их площадь составляет около 80 млн га.

Генезис, строение, состав и свойства. Болотно-подзолистые почвы образовались в результате совместного проявления подзолистого и болотного процессов почвообразования под заболоченными хвойными и смешанными лесами с мохово-кустарничковым или мохово-травяным напочвенным покровом.

Профиль болотно-подзолистых почв имеет следующую систему генетических горизонтов: $A_0 - A_0^T(A_0^{ПТ})$, $(A_0^П) - A_1(A_{1g}) - A_2(A_{2g}) - B(B_g) - BC(BC_g) - C(C_g)$. В зависимости от состава и свойств органогенных горизонтов и характера увлажнения выделяются подтипы болотно-подзолистых почв.

Торфянисто-подзолистые поверхностно-оглеенные (рис. 26.8). Мощность A_0^T до 30 см, его зольность — 10-60%, реакция среды — кислая (pH_{KCl} 3,0-4,0), степень насыщенности основаниями низкая — 10-50%.

Дерново-подзолистые поверхностно-оглеенные. Под оторфованной дерниной (5-6 см) имеют хорошо выраженный гумусовый горизонт мощностью 10-20 см с содержанием гумуса 3-5%. Реакция среды кислая (pH_{KCl} 3,5-4,5). Степень насыщенности основаниями низкая — 40-60%.

Перегнойно-подзолистые поверхностно-оглеенные. Под мало-мощной подстилкой имеется перегнойный горизонт мощностью

Рис. 26.8. Болотно-подзолистая почва



	Гумус, %	C _{гк} /C _{ок}	pH _{KCl}	S	Hг	Валовые, %		Содержание фракций	
				мг-экв/100г		SiO ₂	R ₂ O	<0,01 мм	<0,001 мм
A ₀ ^r	67,1	-	4,1	-	-	-	-	-	-
A _c ^{пг}	38,1	-	4,2	-	-	-	-	-	-
A ₀ ^п	19,3	0,6	4,0	28,1	8,4	81,1	15,1	-	-
A _{2g}	0,6	0,3	3,7	7,3	4,5	82,3	14,7	34,2	10,3
A _{2B} _g	0,3	0,4	3,8	8,5	4,3	76,1	20,3	42,4	17,4
B _g	0,3	-	3,8	11,2	4,1	75,2	21,4	44,5	19,1
BC	-	-	3,9	-	-	75,7	22,3	43,1	17,3

10-20 см с содержанием органического вещества до 20-30%. Реакция среды кислая (pH_{KCl} около 4).

Следующие три подтипа: *торфянисто-*, *дерново-* и *перегнойно-подзолистые грунтово-оглеенные* формируются при неглубоком залегании мягких грунтовых вод на песчаных породах. Для них характерно накопление гумуса (до 5-10%) в иллювиальном горизонте. Характеризуются кислой реакцией среды по всему профилю, низкой степенью насыщенности основаниями.

Разделение болотно-подзолистых почв на роды аналогично подзолистым.

Без осушения болотно-подзолистые почвы освоению под пашню не подлежат. После осушения рекомендуемые мероприя-

тия включают известкование, внесение органических и минеральных удобрений. Зачастую, когда болотно-подзолистые почвы залегают в небольших по площади (<1 га) понижениях среди дерново-подзолистых почв (комплексы) их осушение не проводят, и они остаются под естественной растительностью.

26.7. Таежные почвы Восточной Сибири и Дальнего Востока

Мерзлотно-таежные почвы широко распространены в Восточно-Сибирской мерзлотно-таежной области под лиственничными лесами. Их площадь составляет около 200 млн га. Особенности рельефа и географического положения определили здесь приоритет вертикальной зональности, затем фациальности и, в меньшей степени, широтной зональности.

Почвообразование ограничено суровыми климатическими условиями, коротким вегетационным периодом, глубоким и длительным промерзанием почв. Наиболее распространенными почвообразующими породами являются суглинисто-щебнистые маломощные элювиально-делювиальные отложения, постилаемые плотными коренными породами. Профили большинства почв маломощны, щебнисты, не дифференцированы на горизонты. Для них характерен грубогумусовый горизонт, наличие потечного фульватного гумуса по всему профилю (до 15-25%), кислая реакция среды.

Большую роль в формировании профиля мерзлотно-таежных почв играют мерзлотные явления (криогенез), оказывающие влияние на механическое передвижение и перемешивание почвы, миграцию веществ по мерзлотным трещинам, надмерзлотную аккумуляцию веществ. Поэтому их называли (И.А.Соколов, Е.М.Наумов, 1980) криоземами, а огленные полугидроморфные — криоглееземами.

С усилением гумидности климата, к востоку, формируются почвы с дифференцированным профилем — альфегумусовые подзолистые, подзолистые мерзлотные и другие. В холодных гумидных областях на легких и хрящевато-щебнистых отложениях распространены подбуры (В.О.Таргульян, 1971), для которых характерно кислотное разрушение первичных минералов и накопление гидрооксидов железа, алюминия и глинистых минералов.

На склонах южной экспозиции в горах Восточной Сибири часто существуют своеобразные засушливые условия. При этом

формируются степные криоаридные почвы с хорошо развитым гумусовым горизонтом. В северной и средней тайге, в условиях ультраконтинентального полузасушливого климата, развиваются палевые дерново-лесные почвы (палево-карбонатные, палево-серые, палево-подзолистые), которые по составу и свойствам очень разнообразны, часто имеют хорошо выраженный гумусовый горизонт с гуматным составом гумуса и реакцию среды от нейтральной и кислой до слабощелочной. На Камчатке под березовыми лесами распространены охристые вулканические почвы (И.А.Соколов, 1974), обладающие слоистым строением, связанным с периодически повторяемыми пеплопадами и погребением образовавшихся почв.

В таежных лесах Дальнего Востока распространены буро-таежные почвы с хорошо выраженным гумусовым горизонтом, кислой реакцией среды, повышенным содержанием гумуса. Свойства освоенных буро-таежных почв сходны с дерново-подзолистыми. В таежно-лесной зоне Восточной Сибири и Дальнего Востока земледелие в основном носит очаговый характер, за исключением южных окраин зоны.

26.8. Структура почвенного покрова

Почвенный покров таежно-лесной зоны характеризуется высокой контрастностью, сложностью и неоднородностью. В наибольшей степени эти определения характерны для подзоны дерново-подзолистых почв. Наглядным примером структуры почвенного покрова больших территорий является почвенное районирование Московской области, где выделены почвенные округа и районы на основе структуры почвенного покрова (рис. 24.2). Примеры однотипной структуры почвенного покрова почвенных районов Верхне-Волжской низменности приведены на рис. 26.9.

Сочетание дерново-подзолистых, болотно-подзолистых и болотных почв в условиях холмистого рельефа конечно-моренной равнины Новгородской области показано на рис. 26.10. На нем представлен наиболее типичный набор почв, характерный для южной тайги, включающий автоморфные, полугидроморфные и гидроморфные почвы, в том числе смытые и намытые. Материалы, характеризующие структуру почвенного покрова, используются для разработки систем земледелия.

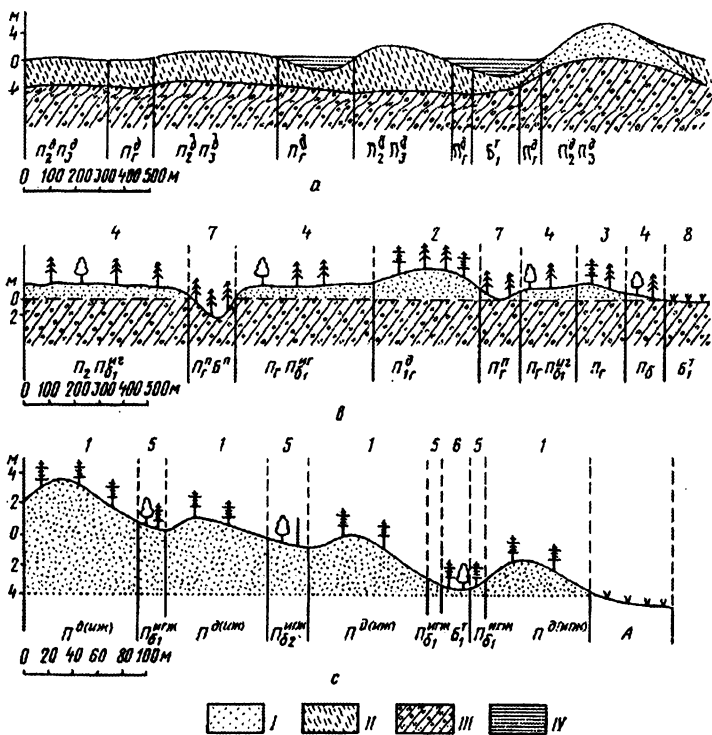


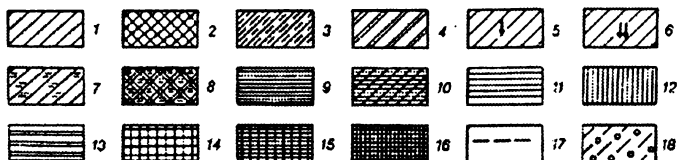
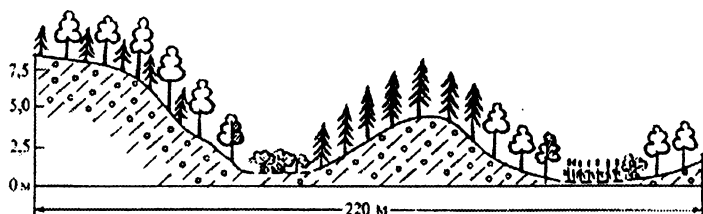
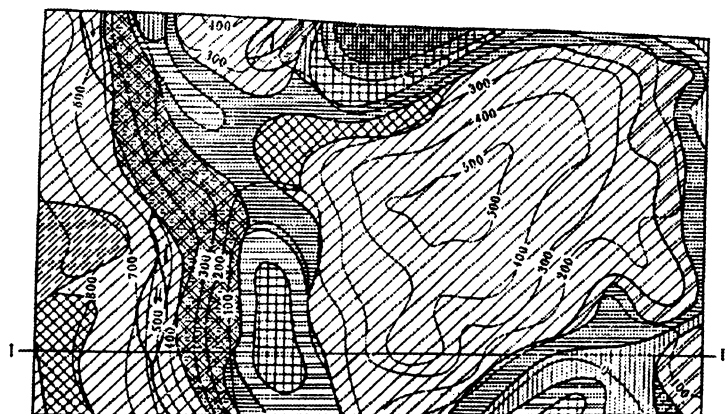
Рис. 26.9. Почвенно-геоморфологические профили различных участков Верхне-Волжской низменности (по Л.П.Ильиной, 1974):
 а — гривисто-западинно-моренный рельеф; в — слаборасчлененные озерно-ледниковые равнины; с — дюнный рельеф.

Почвы: ПД^{МЖ} — дерново-слабо(средне)подзолистые слабоиллювиально-железистые; ПД^{МЖ} — то же, слабоиллювиально-гумусово-железистые; ПД^{ИГ} — дерново-слабоподзолистые глееватые; П_Г — подзолистые глееватые; П^{ИГ}₆₁ — торфянисто-подзолисто-глееватые иллювиально-гумусовые; П^{ИГ}₆₂ — то же, глеевые иллювиально-гумусово-железистые; П^Д_Г — дерново-подзолисто-глеевые; П^П_Г — перегнойно-подзолисто-глеевые; Б^Г₁ — торфяно-глеевые; А — пойменные.

Пятнистости и комплексы почв: П^Д₂ П^Д₃ — дерново-средне- и сильно-подзолистых; П_Г П^{ИГ}₆₁ — подзолистых глееватых и торфянисто-подзолисто-глееватых иллювиально-гумусовых; П^П_Г Б^П — перегнойно-подзолисто-глеевых и перегнойно-глеевых.

Растительность: 1- сосняки лишайниково-зеленомошные; 2 — сосново-еловые кисличники; 3 — сосново-еловые зеленомошники; 4 — черничники долгомошники березово-еловые; 5 — то же, березово-сосновые; 6 — сосново-березовые леса вейниково-сфагновые; 7 — ельники таволжные; 8 — болота березово-вейниковые сфагновые.

Почвообразующие породы: I — пески; II — лессовидные суглинки; III — морена; IV — водно-ледниковые иловато-супесчано-глинистые отложения.



**Рис. 26.10. Почвенное сочетание в условиях холмистого рельефа
конечно-моренной равнины. Новгородская обл.
(по И.С.Урусевской и др., 1982).**

Почвенная карта (вверху), профиль по линии I — I (внизу).

Почвы: 1 — дерново-среднеподзолистые, 2 — дерново-сильноподзолистые, 3 — дерново-среднеподзолистые поверхностно-слабоглееватые, 4 — дерново-средне-подзолистые грунтово-глееватые, 5 — дерново-среднеподзолистые слабосмытые; 6 — дерново-среднеподзолистые среднесмытые, 7 — дерново-среднеподзолистые намытые, 8 — дерново-сильноподзолистые намытые грунтово-глееватые, 9 — дерново-подзолисто-глеевые, 10 — перегнойно-подзолисто-глеевые, 11 — дерново-глеевые, 12 — перегнойно-глеевые, 13 — торфяно-глеевые, 14 — торфяные болотные низинные на мало-мощных торфяниках, 15 — торфяные болотные низинные на среднемощных торфяниках, 16 — торфяные болотные низинные на мощных торфяниках, 17 — уровень почвенно-грунтовых вод, 18 — моренные отложения.

Глава 27. Серые лесные почвы лесостепной зоны и бурые лесные почвы широколиственных лесов

Серые лесные почвы формируются в северной части лесостепной зоны под пологом широколиственных травянистых лесов в европейской части России и мелколиственных с примесью хвойных — в Сибири. Зональными почвами лесостепной зоны являются также оподзоленные, выщелоченные и типичные черноземы. Кроме того в этой зоне встречаются дерново-подзолистые почвы, серые лесные глеевые, лугово-черноземные, дерново-карбонатные, болотные, солонцы, солончаки и солоды.

27.1. Условия почвообразования

Климат. Лесостепь представляет собой зону, переходную от влажного климата таежно-лесной зоны к засушливому климату степей. На севере осадки и испаряемость сбалансированы ($KУ \geq 1$), на юге испаряемость превышает осадки ($KУ = 0,77$). Водный режим — периодически-промывной.

Климатические условия существенно изменяются с запада на восток в пределах зоны: сумма активных температур выше 10°C — 2400-3200° на западе, 1400-1800° — на востоке; температура самого холодного месяца, соответственно, $-4-8^\circ\text{C}$ и $-18-25^\circ\text{C}$; годовое количество осадков — 550-700 мм и 300-350; длительность вегетационного периода — 150-180 и 90-120 дней.

Таким образом, общей закономерностью климата лесостепи является снижение влагообеспеченности с севера на юг и усиление похолодания и континентальности с запада на восток. Это обуславливает подзональные и фациальные особенности почвенного покрова.

Растительность. Лесостепь до освоения состояла из луговых степей и травянистых широколиственных лесов в европейской части и мелколиственных с примесью хвойных — в Сибири. В Среднерусской провинции преобладают дубовые леса с примесью липы, клена, вяза, ясеня; в Украинской — буково-грабовые, дубово-грабовые и буковые; в Западной Сибири — березово-осиновые (березовые колки), а в Восточной Сибири — сосново-березовые леса с примесью лиственницы. Травянистая растительность характеризуется большим разнообразием.

На территории всей зоны на песчаных террасах произрастают сосновые боры, а в замкнутых плохо дренируемых понижениях — осоково-тростниковые и сосново-гипновые болота.

Количество опада составляет 7-9 т/га в год, в том числе 4-5 т/га в виде корней травянистых растений. С опадом возвращается 250-300 кг/га зольных элементов и 60-90 кг/га азота.

Рельеф и почвообразующие породы. В пределах Среднерусской возвышенности, окраинных частях Западно-Сибирской низменности рельеф эрозионный волнистый. Водораздельные части Среднерусской возвышенности имеют высоту 200-300 м над уровнем моря. Превышение водоразделов над днищами балок и руслами рек достигает 100-150 м; длина склонов — 1-3 км; крутизна — до 3-7°.

Почвообразующими породами на большей части территории Средне-Русской провинции являются покровные суглинки. К югу они сменяются лессовидными карбонатными суглинками и лессами. Водораздельные понижения, шлейфы, нижние части выложенных склонов заняты делювиальными отложениями. В долинах рек распространены древнеаллювиальные отложения. В отдельных районах (Приволжская возвышенность, Приуралье) почвообразующими породами являются элювиально-делювиальные продукты выветривания коренных пород пермского, юрского, мелового и третичного периодов.

27.2. Генезис, строение, состав и свойства серых лесных почв

Генезис. Серые лесные почвы образовались под воздействием дернового процесса почвообразования в сочетании с подзолистым, под пологом широколиственных лесов. Работами В.В.Докучаева, а впоследствии Н.П.Ремезова, С.В.Зонна показано, что широколиственные леса с обогащенными основаниями опадом способствуют развитию дернового процесса. Существовала также точка зрения, в которой серые лесные почвы рассматривались как переходные стадии развития дерново-подзолистых почв в черноземы или наоборот (С.И.Коржинский, В.И.Талиев).

По Б.П.Ахтырцеву (1979), серые лесные почвы формируются под влиянием следующих процессов: гумусонакопление, биологической аккумуляции зольных веществ, выщелачивания карбонатов и легкорастворимых солей, сочетания оподзоливания, лессиважа — в элювиальной и оглинивания — в иллювиальной части профиля.

Строение профиля. Серые лесные почвы имеют следующее строение: $A_0 - A_1 - A_1A_2 - A_2B - B_1 - B_2 - BC - C$ (рис. 27.1). В пахотных аналогах горизонты A_1 и A_1A_2 распахиваются и образуют пахотный слой (Апах). Особенности морфологического строения профиля серых лесных почв:

- отсутствие резкой дифференциации на горизонты и постепенные переходы между ними;
- большая мощность почвенного профиля — более 1,5-2 м;
- отсутствие подзолистого горизонта и проявление оподзоливания в виде переходных горизонтов A_1A_2 и A_2B ;
- наличие ореховатой структуры по всему почвенному профилю;
- наличие карбонатов в почвообразующей породе, иногда в почвенном профиле с глубины 120-250 см.

Состав и свойства целинных почв. В типе серых лесных почв выделяют три подзональных подтипа: светло-серые, серые и темно-серые лесные почвы. Светло-серые лесные почвы близки по свойствам к дерново-подзолистым, а темно-серые лесные — к черноземам лесостепи, поэтому в целом тип серых лесных почв рассматривается как переходный между дерново-подзолистыми и черноземами.

От светло-серых лесных почв к темно-серым усиливается проявление дернового процесса и ослабевает — подзолистого. В таком же направлении нарастает мощность гумусового слоя, содержание гумуса, а в его составе — содержание гуминовых кислот, емкость катионного обмена; снижаются кислотность и глубина залегания карбонатов (табл. 27.1). В составе поглощенных катионов в серых лесных почвах — Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ и Al^{3+} . Степень насыщенности ППК ос-

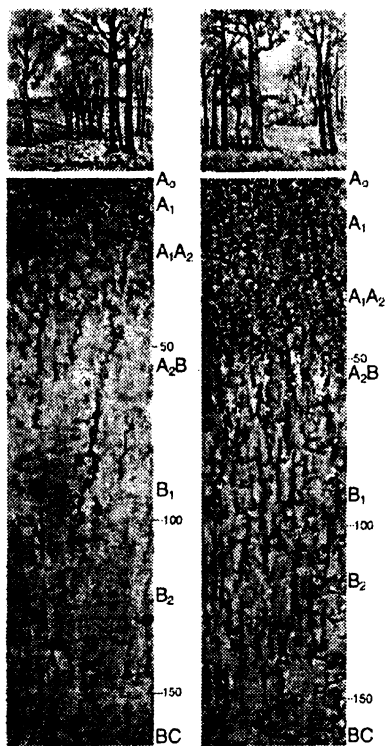


Рис. 27.1. Светло-серая (слева) и темно-серая (справа) лесная почва

27.1. Свойства серых лесных почв европейской части России (Классификация почв СССР, 1977)

Свойства	Светло-серые лесные	Серые лесные	Темно-серые лесные
Мощность $A_1 + A_1A_2$, см	15-20	25-30	30-40
Гумус в A_1 , %	3-6	4-6	6-8,5
$C_{гк}:C_{фк}$ в A_1	0,9-1,2	1,2-1,3	1,5-1,7
ЕКО, мг-экв на 100 г в A_1	18-25	25-35	25-40
V, %	70-80	более 80	более 80
pH_{KCl}	4,0-4,7	4,5-5,0	5,0-5,5
Глубина залегания карбонатов, см	200-250	150-250	120-200

нованиями превышает 70-80%. В составе вторичных минералов — гидрослюда, вермикулит, монтмориллонит, хлорит.

Наблюдается элювиально-иллювиальная дифференциация ила и полуторных оксидов в профиле, которая уменьшается от светло-серых к темно-серым лесным почвам.

Состав и свойства пахотных почв. При освоении серых лесных почв под пашню изменяются условия почвообразования: усиливается степень промачивания при периодически-промывном водном режиме, условия увлажнения становятся более контрастными — в летнее время сильнее проявляется иссушение верхних горизонтов, снижается поступление источников гумуса. При этом в наибольшей степени изменяются свойства светло-серых лесных почв, в меньшей степени — серых и темно-серых. Во всех подтипах освоенных почв существенно снижается содержание гумуса в пахотном слое по сравнению с гумусовым горизонтом целинных (табл. 27.2). Это связано, с одной стороны, с процессом выпаживания при пониженном поступлении послеуборочных остатков и органических удобрений, а также с тем, что при распашке наиболее гумусированный слой A_1 перемешивается с менее гумусированным слоем A_1A_2 .

27.2. Свойства пахотных серых лесных почв европейской части России (Классификация почв СССР, 1977)

Свойства	Светло-серые лесные		Серые лесные освоенные	Темно-серые лесные освоенные
	освоенные	окультуренные		
Гумус в $A_{пах}$, %	1,5-2,5	4,0-5,0	2,5-3,5	3,0-4,0
$C_{гк}:C_{фк}$	0,7-0,9	1,2-1,5	1,3-1,5	1,5-1,7
ЕКО, мг-экв на 100 г	10-15	20-25	20-25	25-30
pH_{KCl}	4,0-4,7	5,9-6,6	4,9-5,9	5,0-5,9

Окультуренные почвы выделены только в подтипе светло-серых, в серых и темно-серых лесных почвах выделяются только освоенные.

27.3. Систематика серых лесных почв, агроэкологическая характеристика и особенности сельскохозяйственного использования

Кроме подзональных подтипов выделяются фациальные светло-серые, серые и темно-серые: теплые промерзающие (Предкавказье); умеренно теплые промерзающие (Восточно-Европейская равнина и Урал); умеренные длительно промерзающие (Западная Сибирь); умеренно холодные длительно промерзающие (Средняя Сибирь); холодные длительно промерзающие (Забайкалье). В Забайкалье фациальный подтип светло-серых лесных почв не выделяется. Фациальные особенности серых лесных почв проявляются в снижении мощности гумусовых горизонтов с запада на восток и увеличении в том же направлении содержания гумуса в гумусовом слое. Так, например, содержание гумуса в темно-серых лесных почвах Предкавказья в пахотном слое составляет 3,0-3,5% при мощности гумусовых горизонтов 40-50 см, а в темно-серых лесных почвах Забайкалья содержание гумуса может достигать 8-14% при мощности гумусового слоя 20-25 см. Различия в использовании фациальных подтипов серых лесных почв сводятся, в основном, к различиям в наборе районированных сортов разных сроков созревания и культур, отличающихся требованиями к теплообеспеченности. С запада на восток уменьшаются возможности для выращивания плодовых и других теплолюбивых культур.

В самостоятельный тип выделены серые лесные глеевые почвы, которые отличаются наличием оглеенных горизонтов с поверхности или в нижней части профиля в зависимости от характера переувлажнения. Они, как правило, имеют увеличенную мощность гумусового горизонта и повышенное содержание гумуса, что связано с переувлажнением жесткими грунтовыми водами.

Среди серых лесных почв наиболее распространены следующие роды:

- *обычные* характеризуются свойствами соответствующих подтипов, используются под все районированные культуры;
- *остаточно-карбонатные* — развиты на карбонатных породах, вскипают в пределах горизонта В, плодовые культуры на таких почвах часто поражаются хлорозом;

— *контактно-луговые* — формируются на двучленных породах с признаками оглеения на контакте пород, что ограничивает их использование под плодовые культуры;

— *со вторым гумусовым горизонтом* (реликтовым), залегающим в нижней части гумусового горизонта или A_1A_2 , используются под все районированные культуры;

— *пестроцветные* — развиты на пестроцветных корах выветривания, имеют тяжелый гранулометрический состав, что учитывается при выращивании культурных растений.

На виды серые лесные почвы разделяют: по высоте вскипания от НС1 — высоковскипающие (выше 100 см) и глубоковскипающие (глубже 100 см); по мощности гумусовых горизонтов ($A_1 + A_1A_2$) — мощные (более 40 см), среднемощные (20-40 см) и маломощные (менее 20 см). Последние при углублении пахотного слоя до оптимальной мощности нуждаются в дополнительном внесении органических удобрений.

По степени эродированности светло-серые лесные почвы с глубиной вспашки не менее 18-20 см делятся на:

слабосмытые — вспашкой затронута верхняя часть горизонта A_2B , пахотный слой осветлен и имеет буроватый оттенок; залегают на склонах до 3° ;

среднесмытые — в пахотный слой полностью вовлечен горизонт A_2B ; цвет пашни бурый; залегают на склонах $3-5^\circ$; на поверхности пашни — промоины;

сильносмытые — распаивается горизонт B_1 ; верхняя часть почвенного профиля смыта, установить типовую и подтиповую принадлежность почв по морфологическим признакам трудно; залегают на склонах $5-8^\circ$.

Среди серых лесных и темно-серых лесных почв (с глубиной вспашки 20-25 см) выделяются:

слабосмытые — гумусовые горизонты смыты до $1/3$ первоначальной мощности, A_2B не распаивается;

среднесмытые — гумусовые горизонты смыты более чем на $1/3$, распаивается горизонт A_2B ; поверхность пашни бурая;

сильносмытые — гумусовый горизонт смыт полностью, распаивается горизонт B_1 ; трудно установить подтиповую и типовую принадлежность почвы.

Особенности сельскохозяйственного использования. Более 75% территории лесостепи освоено под пашню. На серых лесных почвах выращивают озимые и яровые зерновые, сахарную свеклу, кукурузу, картофель, в европейской части — плодовые культуры.

При сельскохозяйственном использовании серых лесных

почв рекомендуются следующие мероприятия:

- известкование светло-серых и серых лесных почв;
- внесение органических (среднегодовая доза 10-15 т/га) и минеральных удобрений;
- противоэрозионные мероприятия на склонах;
- мероприятия по накоплению и сохранению влаги (снегозадержание, поглощение талых вод и др.);
- агротехнические и мелиоративные мероприятия на серых лесных глеевых почвах против переувлажнения.

27.4. Бурые лесные почвы (буроземы) широколиственных лесов

Бурые лесные почвы широколиственных лесов распространены в умеренно теплых и влажных приокеанских областях суббореального пояса в Западной и Средней Европе и на Дальнем Востоке. На территории России в равнинных условиях они встречаются в Калининградской области, в Приморском крае, на юге Хабаровского края и в Амурской области.

Условия почвообразования. Климат характеризуется более высоким количеством осадков (600-1000 мм) и мягкой зимой по сравнению с климатом северной части лесостепи. Сумма активных температур — 2000-3000°C.

Растительность представлена в Калининградской области, горах Кавказа и на Дальнем Востоке хвойно-широколиственными лесами с участием дуба, липы, клена, с хорошо выраженным травянистым покровом. Количество опада достигает 10 т/га, в его составе — повышенное содержание оснований и азота.

Почвообразующие породы. Преобладают элювиально-делювиальные отложения, в основном каменисто-щебнистые.

Генезис. Большой вклад в изучение буроземов внесли известные почвоведы Л.И.Прасолов, Ю.А.Ливеровский, С.В.Зонн, И.П.Герасимов, В.М.Фридланд, Н.П.Ремезов и другие ученые. Процесс буроземообразования протекает в теплых и влажных условиях с промывным типом водного режима. Основными ЭПП являются гумусообразование, оглинение и лессиваж. Оглинение — процесс образования глинистых минералов в почвенном профиле. Он протекает во влажных и теплых условиях при интенсивном биологическом круговороте веществ. Интенсивному развитию подзолистого процесса в этих почвах препятствуют основания, поступающие в почву с опадом, которые нейтрализуют органические кислоты.

Лессиваж проявляется в перемещении ила по профилю без его разрушения. Выделяются также бурые лесные глеевые почвы, которые формируются в полугидроморфных условиях при близком залегании грунтовых вод под воздействием глеевого процесса.

Строение профиля и свойства буроземов. Профиль буроземов слабодифференцирован и состоит из следующих генетических горизонтов:

A_0 — лесная подстилка мощностью от 0,5 до 5 см;

A_0A_1 — грубогумусовый горизонт (в теплых и умеренных фациях отсутствует);

A_1 — гумусовый горизонт мощностью 10-30 см, серовато-бурого цвета;

B_1 — метаморфический или иллювиально-метаморфический горизонт бурого цвета;

BC — переходный;

C — почвообразующая порода — каменисто-щебнистый элювий.

Содержание гумуса в гумусовом слое составляет 3-5%, иногда — до 8%. В составе гумуса преобладают фульвокислоты. Отношение $C_{ГК}:C_{ФК}$ — 0,5-0,6. ЕКО — в пределах 25-30 мг-экв/100 г. В составе ППК — Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ и Al^{3+} . Реакция среды — от слабокислой и кислой до нейтральной.

В иллювиальном метаморфическом горизонте наблюдается повышенное содержание ила и полуторных оксидов, связанное с внутрипочвенным оглиниванием и лессиважем, а в оподзоленных вариантах — с процессом оподзоливания.

Систематика бурых лесных почв. В группе бурых лесных почв выделяются пять типов: бурые лесные, бурые лесные глеевые, подзолисто-бурые лесные, подзолисто-бурые лесные глеевые, луговые подбелы. Подтипы выделяются по форме органического вещества (грубогумусовые), с признаками оподзоливания (оподзоленные), по степени насыщенности ППК основаниями (кислые, слабонасыщенные), по степени и глубине оглеения (глееватые, глеевые). Фациальные подтипы формируются в разных климатических условиях: теплые, умеренные, холодные и др. В пределах подтипов выделяются роды: остаточнокarbonатные, остаточнокислые, контактно-глеевые, галечниковые и др. По содержанию гумуса в гумусовом горизонте (%) делятся на виды: многогумусные (>10), среднегумусные (5-10), малогумусные (<5).

Особенности сельскохозяйственного использования. Бурые лесные почвы используются под зерновые, технические, кормовые, плодовые и овощные культуры. Набор культур и сортов оп-

ределяется, в основном, теплообеспеченностью. В южных районах Европы, в Закарпатье, в России на Северном Кавказе они широко используются под виноградники. На Черноморском побережье Кавказа на бурых лесных почвах выращивают чай — субтропическую культуру, требующую много тепла, влаги и кислую реакцию почвенного раствора. На луговых подбелах Приморского края выращивают сахарную свеклу, сою, рис, кукурузу и подсолнечник.

При сельскохозяйственном использовании бурых лесных почв рекомендуются следующие мероприятия: внесение органических и минеральных удобрений, противоэрозионные мероприятия, известкование (при кислой реакции среды), регулирование водно-воздушного режима глееватых и глеевых подтипов.

Глава 28. Черноземы лесостепной и степной зоны

Черноземные почвы формируются в лесостепной (оподзоленные, выщелоченные, типичные) и степной (обыкновенные и южные) зонах под травянистыми формациями при периодически промывном и непромывном водном режиме на породах, содержащих карбонаты. Они занимают обширные пространства в европейской части России от южной окраины Московской области на севере до Краснодара и Кубани на юге и от западных окраин Курской и Белгородской областей на западе до Новосибирска на востоке и далее, отдельными массивами, до Красноярска и к востоку от Улан-Удэ в межгорных котловинах Забайкалья.

28.1. Условия почвообразования

Климат. Черноземы формируются в условиях суббореального полувлажного (семигумидного) климата с хорошо выраженной сезонной контрастностью. Климатические условия в пределах зоны распространения черноземов закономерно изменяются с севера на юг и с запада на восток (табл. 28.1). При движении с севера на юг снижается количество осадков, увеличивается сумма активных температур и испаряемость; в результате КУ снижается от 1,1 на севере лесостепной зоны до 0,45-0,50 на юге степной. Это обуславливает периодически промывной тип водного режима почв в лесостепной зоне и непромывной — в степной.

28.1. Климатические показатели лесостепной и степной зоны черноземных почв (по Д.И.Шашко, 1967)

Провинция	Осадки за год, мм	Сумма $t > 10^{\circ}\text{C}$	Продолжительность периода с $t > 10^{\circ}\text{C}$, дни	КУ
Лесостепная зона серых лесных почв, оподзоленных, выщелоченных и типичных черноземов				
Окско-Донская	450-550	2200-2700	140-157	0,77-1,1
Барабинская	300-420	1750-1950	116-125	0,77-1,1
Красноярско-Иркутская	350-500	1400-1800	93-103	0,55-1,0
Степная зона обыкновенных и южных черноземов				
Южно-Русская	350-450	2650-3000	155-166	0,44-0,77
Западно-Сибирская	300-360	1950-2300	126-140	0,44-0,77
Забайкальская	300-350	1500-1700	97-108	0,50-0,60

С запада на восток уменьшается количество тепла, нарастает континентальность климата, снижается количество осадков и продолжительность вегетационного периода.

Растительность. В пределах распространения черноземов Л.Е.Родин и Н.И.Базилевич выделили остепненные луга с черноземами оподзоленными и выщелоченными, луговые степи с черноземами типичными, умеренно-засушливые разнотравно-типчакково-ковыльные степи с черноземами обыкновенными и засушливые типчакково-ковыльные степи с черноземами южными.

В лесостепной зоне черноземы сформировались под луговыми степями, которые представляли ковыли, типчаки, степные овсы, степная тимофеевка, мятлик, желтая люцерна, костер и др. В.В.Алехин отмечал 77 видов трав и до 1939 экземпляров растений на 1 кв. метре. На некоторых участках степи количество степного войлока составляет 4-8 т/га. Ежегодный опад луговых степей может достигать 20 т/га, около 50% общей биомассы. При этом более 50-60% опада поступает непосредственно в почву в виде корней. В составе опада много зольных элементов (до 700 кг) и азота (до 150 кг/га).

Количество ежегодного опада в типчакково-ковыльных фитоценозах степной зоны снижается до 8-10 т/га. В связи с недостатком влаги соответственно снижается емкость биологического круговорота. Основные площади черноземных почв распаханы, собственная растительность сохранилась лишь в балках и заповедниках.

Рельеф и почвообразующие породы. В лесостепной части возвышенностей (Среднерусской, Приволжской) рельеф эрозионный,

густо расчленен овражно-балочной сетью. В степной зоне преобладают аккумулятивные равнины. Западно-Сибирская низменность — это плоская озерно-аллювиальная равнина с комплексом террас вдоль Оби и ее крупных притоков. Низкая дренированность территории обуславливает формирование заболоченных и засоленных почв. В Средней и Восточной Сибири рельеф представлен предгорными равнинами, плато и межгорными котловинами.

Почвообразующие породы на большей части территории представлены лессами и лессовидными суглинками разного гранулометрического состава — от легких до тяжелых суглинков. Встречаются третичные глины (Поволжье, Заволжье) и элювий гранитов, песчаников, мергелей (Восточная Сибирь).

Главная особенность почвообразующих пород — наличие в них карбонатов кальция. В Западной Сибири и в Южно-Русской провинции встречаются засоленные почвообразующие породы.

28.2. Генезис, строение, состав и свойства черноземных почв

Генезис. Современные представления о происхождении черноземных почв сложились на основании трудов В.В. Докучаева, П.А. Костычева, А.А. Измаильского, Г.Н. Высоцкого, Л.И. Прасолова, П.Г. Адерихина, Е.А. Афанасьевой и других исследователей.

Ведущим процессом формирования черноземов является дерновый процесс, сущность которого заключается в накоплении гумуса, аккумуляции биофильных элементов и формировании водопрочной структуры под воздействием травянистой растительности.

Ведущим ЭПП в черноземах является гумусообразование, для которого в этих почвах складываются наиболее оптимальные условия:

- высокое количество ежегодного опада (8-20 т/га);
- преобладающая часть опада (более 60%) поступает в почву в виде корней;
- высокое содержание оснований и азота в составе опада;
- высокое содержание оснований в почвообразующих породах;
- насыщенность минеральной части почв кальцием и магнием и близкая к нейтральной реакция среды;
- умеренная биологическая активность;
- ярко выраженная контрастность режима влажности при периодически промывном водном режиме.

Перечисленные условия являются оптимальными для образования гуминовых кислот и их прочного закрепления минеральной частью. Вместе с гуминовыми кислотами, которые преобладают в составе гумуса, накапливаются фульвокислоты. Большая мощность гумусового профиля определяется глубиной проникновения корней травянистой растительности.

Процесс *оструктуривания* в черноземах связан с интенсивным образованием “свежих” гумусовых веществ, большим количеством микробной плазмы в ризосфере и насыщенностью ППК кальцием.

Дерновый процесс в черноземах сочетается с целым рядом ЭПП: элювиальных (выщелачивание, оподзоливание, лессиваж, осолодение), метаморфических (оглеение, оглинение, слитизация), гидрогенно-аккумулятивных (олугование, засоление), иллювиально-аккумулятивных (карбонатно-иллювиальный) и др. В результате этих процессов формируются свойства, позволяющие разделять черноземы на разных таксономических уровнях (подтип, род, вид).

Черноземы разделяют на пять подзональных подтипов, которые расположены с севера лесостепной зоны к югу степной в таком порядке: черноземы лесостепи — оподзоленные, выщелоченные, типичные; черноземы степной зоны — обыкновенные, южные.

Строение профиля. Профиль черноземов имеет следующее строение: $A - AB - V(V_1 V_K) - BC_K - C_K$.

A — гумусовый, однородно темноокрашенный с зернистой структурой;

AB — гумусовый, темноокрашенный с общим осветлением (побурением) книзу и более светлый, чем горизонт A , с зернистой или комковато-зернистой структурой;

V — бурый, преимущественно с неравномерно затечной, языковатой, ослабевающей книзу гумусированностью. Может подразделяться на горизонты V_1, V_2 , а в ряде подтипов выделяют оглиненные (V_1) или иллювиально-карбонатные (V_K) подгоризонты;

BC_K — переходный к почвообразующей породе, карбонатный;

C_K — почвообразующая порода, содержит карбонаты.

Мощность гумусовых горизонтов составляет 60-100 (180) см.

Черноземы оподзоленные являются ближайшей, генетически родственной группой к темно-серым лесным почвам, характеризуются сочетанием гумусонакопления и слабой элювиально-иллювиальной дифференциацией почвенного профиля под влиянием оподзоливания и лессиважа. Отличительные морфологические признаки — наличие осветленной мучнисто-белой (кремнеземистой) присыпки в нижней части горизонта A и в верхней — гори-

зонта АВ. Для этого подтипа характерно также глубокое залегание карбонатов (глубина вскипания от НСІ 150 см и глубже).

Черноземы выщелоченные характеризуются вымытостью карбонатов из гумусового слоя (А + АВ) и из верхней половины переходного горизонта В₁, ниже которого залегает карбонатный горизонт В_к (рис. 28.1). В профиле выщелоченных черноземов наблюдается слабая элювиально-иллювиальная дифференциация ила и полуторных оксидов.

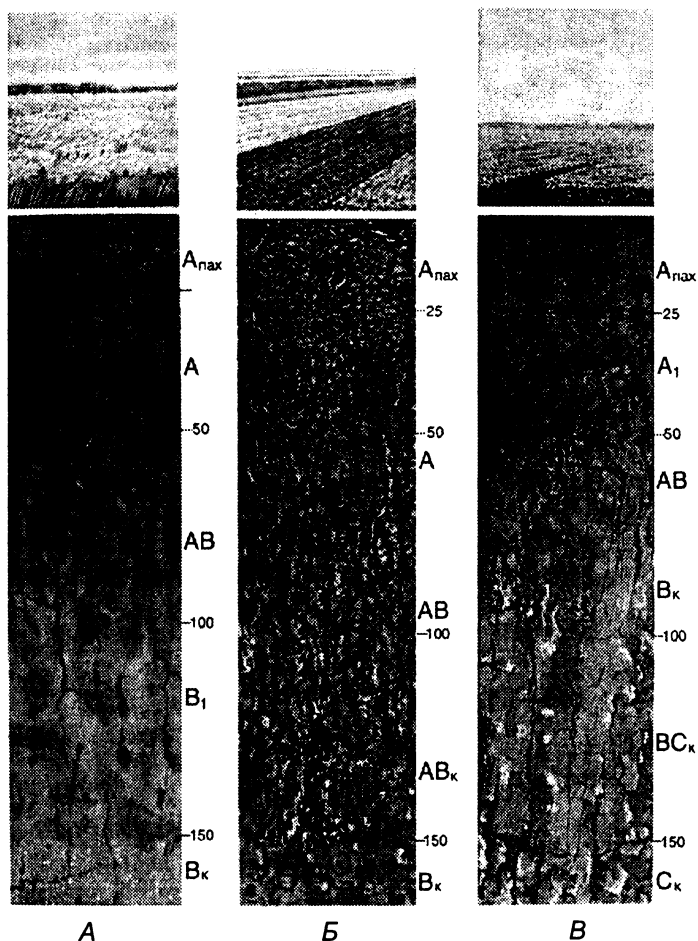


Рис. 28.1. Черноземы: А — выщелоченный, Б — типичный, В — обыкновенный.

Черноземы типичные характеризуются наиболее сильным проявлением процесса гумусообразования и отсутствием элювиально-иллювиальной дифференциации по илу и полуторным оксидам. Они имеют наиболее высокое содержание гумуса и самую большую мощность гумусовых горизонтов (A + AB), которая может достигать 100-180 см. Вскипают в горизонте AB. Имеют следующее строение профиля: A — AB — AB_к — B_к — BC_к — C_к.

Черноземы обыкновенные формируются в северной части степной зоны, в более засушливых условиях, чем типичные, и поэтому с более ослабленным, чем у типичных, накоплением гумуса и более высоким залеганием карбонатного горизонта. Карбонаты в горизонте B_к проявляются в форме белоглазки.

Черноземы южные — наиболее ксероморфные, характеризуются неглубоким залеганием карбонатного горизонта (карбонаты в форме белоглазки), небольшой мощностью гумусового горизонта, наличием гипсового горизонта в пределах двух-трехметровой толщи; имеют определенное сходство с профилем каштановых почв.

Состав и свойства черноземов. Несмотря на значительное варьирование свойств различных подтипов черноземов, можно отметить определенные закономерности зональных и подзональных изменений состава и свойств (табл. 28.2). В направлении от оподзоленных к типичным черноземам увеличивается мощность гумусового слоя, содержание гумуса, емкость катионного обмена, степень насыщенности ППК основаниями; снижается кислотность, глубина вскипания. В направлении от типичных к южным — снижается мощность гумусового слоя, содержание и запасы гумуса, емкость катионного обмена, в ППК появляется обменный натрий и реакция становится слабощелочной, продолжает снижаться глубина залегания карбонатов.

28.2. Свойства черноземов европейской части России

Свойства	Черноземы				
	Оподзоленные	Выщелоченные	Типичные	Обыкновенные	Южные
Мощность A+AB, см	50-70	70-100	70-130	60-80	40-60
Гумус в A, %	5-8	7-9	8-12	6-8	4-6
ЕКО, мг-экв на 100 г	30-40	40-50	40-70	35-45	30-35
Обменные катионы	Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , H ⁺	Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , H ⁺	Ca ²⁺ , Mg ²⁺	Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺	Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺
V, %	80-95	80-95	более 90	100	100
pHН ₂ O	5,5-6,5	6-6,5	6,8-7,0	7,0-7,3	7,0-7,3
Глубина вскипания от HCl	130-150	100-120	70-100	60-80	30-50

Таким образом, наиболее ярко главные свойства черноземов проявляются в *черноземах типичных*.

В составе гумуса всех подтипов черноземов преобладают гуминовые кислоты. Отношение $C_{ГК}:C_{ФК} — 1,7-2,5$. В минералогическом составе черноземов преобладают первичные минералы. В составе вторичных минералов содержатся минералы группы монтмориллонита, гидрослюды, вермикулит, хлорит и др. Черноземы характеризуются высокой степенью обеспеченности элементами питания, в том числе микроэлементами, что обусловлено биогенной аккумуляцией азота, фосфора, серы и других элементов. Они обладают рыхлым сложением, высокой влагоемкостью, хорошей водопроницаемостью и структурностью. Плотность гумусовых горизонтов — 1,0-1,3 г/см³, общая порозность 50-60%, некапиллярная (межагрегатная) порозность составляет, примерно, 18-20%, что обеспечивает хорошую воздухо- и водопроницаемость.

Часто проявляющийся недостаток влаги для растений в черноземных почвах является следствием невысокого количества атмосферных осадков, летние осадки увлажняют только пахотный слой. Запас влаги создается осенью и весной при снеготаянии.

28.3. Особенности сельскохозяйственного использования и свойства освоенных черноземов

На черноземных почвах выращивают зерновые, технические, масличные, плодовые культуры, в том числе виноград. Оптимизация структуры посевных площадей, формирование севооборотов производятся с учетом сохранения почвенного плодородия и получения высоких урожаев хорошего качества. Однако в полевых севооборотах количество послеуборочных остатков редко превышает 3-4 т/га, что в 3-5 раз меньше по сравнению с количеством опада целинных фитоценозов. Снижение количества источников гумуса приводит к снижению содержания и запасов гумуса в пахотных черноземах, и прежде всего за счет наиболее активных его форм. При этом снижается биологическая активность, ухудшаются санитарно-защитные свойства почв. Потери и недостаток легкоразлагаемых органических веществ приводит к усилению процессов выпахивания: к ухудшению структуры, физических и водно-физических свойств, ухудшению питательного режима почв. Средние биологические потери гумуса в пахотном слое за все время использования черноземов составляют, примерно, 15-20% (табл. 28.3). Восстановить содержание гумуса в пахотных чер-

28.3. Содержание углерода гумуса (%) в верхних горизонтах черноземных почв (Лаврентьев В.В., 1972; Ганжара Н.Ф., 1989)

Угодье, вариант	Среднее содержание С в слое 0-20 см	Потери гумуса на пашне в % к целине, залежи
Стрелецкая степь, чернозем типичный		
Целина	4,68	
Пашня, 67 лет	3,23	31,0
Бессменный пар, 16 лет	3,62	22,7
Огород удобренный	3,99	14,8
Казацкая степь, чернозем типичный		
Целина	5,67	
Пашня, 35 лет	4,72	16,8
Пашня, 45 лет	4,66	17,8
Граковское опытное поле, чернозем выщелоченный		
Залежь, 30 лет	4,03	
Контроль, без удобрений	3,37	16,4
Навоз	3,63	10,0
Минеральные удобрения	3,60	10,7
Эрастовская опытная станция, чернозем обыкновенный		
Залежь многолетняя	3,01	
Контроль, без удобрений	2,30	23,6
Навоз	2,44	19,0
Опыт Лебядинцева, чернозем оподзоленный		
Залежь многолетняя	5,90	
Контроль, без удобрений	4,59	22,2
Навоз	5,0	15,3
Средние потери		18,4

ноземах до уровня целинных практически невозможно из-за большой разницы в количестве поступающих источников гумуса на целине и пашне и различий в функционировании естественных фитоценозов и агроценозов. В естественных фитоценозах поступление опада происходит равномерно в течение всего теплого сезона, в процессе смены растительных группировок, которые происходят несколько раз в год. Высвобождающиеся при их разложении элементы питания сразу же поглощаются травянистой растительностью. В агроценозах в течение лета выращивается только одна культура. Дозы разового внесения органических удобрений ограничиваются не только их дефицитом и эффективностью использования, но и экологическими последствиями (избыток нитратов и др.).

Основные мероприятия, которые проводятся при сельскохозяйственном использовании черноземов, можно объединить в следующие группы.

1. Организация территории является одним из главных факторов сохранения плодородия черноземов. Проблема соотношения площадей леса, луга и пашни, поднятая в свое время В.В.Докучаевым, остается нерешенной до настоящего времени. Исключение из пашни “проблемных” (эродированных, солонцеватых, части лугово-черноземных почв) с последующим залужением и залесением этих территорий позволит высвободить дополнительные средства на поддержание плодородия пахотных черноземов и предотвратить деградацию нерационально используемых под пашню “проблемных” почв.

2. Обработка почв (вспашка, культивация, боронование и др.). Интенсивные обработки приводят к усилению микробиологической активности и, как следствие, процессов разложения источников гумуса и его легкоразлагаемой части. При интенсивных обработках пропашных культур происходит механическое разрушение структуры, которое усиливается процессами дегумификации, при этом увеличивается степень выпаханности почв. На склонах пахотные почвы подвергаются водной эрозии, а в южных районах — ветровой. Использование тяжелой техники приводит к переуплотнению пахотного слоя. Поэтому в настоящее время рекомендуется минимализация обработок (безотвальная обработка, культивации и др.).

3. Внесение органических и минеральных удобрений производится с целью компенсировать элементы питания, выносимые из почвы с урожаем, и не допускать снижения плодородия почв. Недостаток органических удобрений — один из факторов снижения плодородия черноземов. Эффективность удобрений снижается к югу, в связи с усилением в этом направлении дефицита влаги. Внесение органических и минеральных удобрений необходимо проводить строго в соответствии с технологиями выращивания сельскохозяйственных культур. Показана высокая эффективность заправки соломы зерновых культур для поддержания плодородия черноземов.

Физиологически кислые минеральные удобрения (аммиачная селитра, калийная соль и др.) подкисляют реакцию среды. Поэтому в настоящее время многие черноземы лесостепной зоны нуждаются в известковании.

4. Мероприятия по накоплению влаги эффективны для всех, и особенно для обыкновенных и южных черноземов. К ним относятся: введение чистых паров, ранняя глубокая зябь, прикатывание и своевременное боронование почвы, контурная обработка почвы на склонах, осеннее бороздование, лункование и щелева-

ние почв для поглощения талых вод и предотвращения поверхностного стока. Большую роль в накоплении влаги имеет снегозадержание (посев кулис, защитные лесные полосы, уплотнение снега и создание снежных валиков и др.), а также создание искусственных водоемов в балках, оврагах, малых реках.

5. Орошение черноземов коренным образом изменяет водный режим почв и создает условия для получения высоких стабильных урожаев, повышает эффективность органических и минеральных удобрений. Однако опыт орошения черноземов показывает, что при чрезмерных нормах полива существенно ухудшаются их агрономические свойства: усиливаются процессы дегумификации, увеличивается подвижность гумуса и его частичное вымывание в нижние слои почв, размываются структурные агрегаты и увеличивается плотность почв. Поэтому при орошении черноземов большое внимание уделяется нормам орошения, использованию наиболее перспективных приемов орошения (дождевание, капельное орошение и др.). Орошение должно осуществляться водой с содержанием солей, не превышающим 1 г/л. Более высокие концентрации солей при плохом дренаже и подъеме уровня грунтовых вод могут вызвать вторичное засоление и резкое ухудшение свойств почв.

6. Противозрозионные мероприятия направлены против водной эрозии на севере и ветровой — на юге черноземной зоны. Их основная цель — предотвращение поверхностного стока, роста оврагов и промоин, снижение скорости ветровых потоков. Это достигается внедрением почвозащитных систем земледелия, посадкой лесных полос, залужением и залесением балок и оврагов. От 30 до 50% территории черноземных почв подвержено процессам эрозии.

Таким образом, после освоения, в результате выпашивания, агрономические свойства черноземов ухудшаются: снижается содержание гумуса, происходит обесструктуривание, переуплотнение. Снижение содержания гумуса и соответствующее изменение других показателей наиболее интенсивно происходят в первые 10-15 лет после освоения. Затем свойства почв приходят к новому относительно равновесному уровню стабилизации. Количественные показатели уровней стабилизации освоенных черноземов (содержание и запасы гумуса, структурность, плотность и др.) зависят от характера мероприятий — количества источников гумуса, интенсивности обработок и др. Практический опыт использования черноземов показывает, что при соблюдении научно-обоснованных технологий выращивания сельскохозяйственных культур уровень плодородия черноземов остается постоянно высоким.

28.4. Систематика черноземов и краткая характеристика почвенных разностей

С запада на восток в пределах лесостепной и степной зон выделяются пять фациальных подтипов черноземов: очень теплые кратковременно промерзающие, теплые промерзающие, умеренно теплые промерзающие, умеренные промерзающие и умеренные длительно-промерзающие (по Г.В.Добровольскому и И.С.Урусевской фация “очень теплые” объединена с “теплыми”). Фациальные различия подтипов проявляются наиболее резко в тепловом режиме. Черноземы очень теплой фации (Предкавказье) характеризуются растянутостью гумусового профиля (70-100 см и более), а умеренной длительно-промерзающей (Забайкальские) — его укороченностью (не более 30 см); имеются также существенные различия в формах проявления и глубине залегания карбонатов (рис. 28.2, 28.3).

Особенности сельскохозяйственного использования фациальных подтипов определяются прежде всего теплообеспеченностью и соответствующим набором культур. Так, на очень теплых и теплых черноземах большие площади занимают плодовые культуры, выращивают ранне- и среднеспелые сорта винограда; на умеренных длительно промерзающих черноземах Забайкалья плодородство ограничено выращиванием только зимостойких сортов яблони, сливы, в основном в приусадебных хозяйствах.

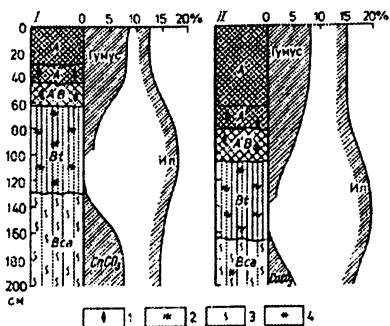
На уровне отдельного типа выделяются *лугово-черноземные почвы* — полугидроморфные аналоги черноземов, которые формируются в понижениях при неглубоком (3-6 м) уровне залегания грунтовых вод. Они характеризуются более мощным гумусовым профилем, высоким содержанием гумуса, лучшей структурностью, по сравнению с автоморфными аналогами, и наличием оглеения в нижней части профиля. Лугово-черноземные почвы, за исключением солонцеватых и солончаковатых родов, высокоплодородные и наряду с пойменными (аллювиальными) позволяют выращивать высокие урожаи овощей, плодовых и других, требовательных к условиям питания и увлажнения, культур.

Разделение черноземов на роды. *Обычные* — выделяются во всех подтипах. Генетические и агрономические свойства соответствуют основным характеристикам подтипа.

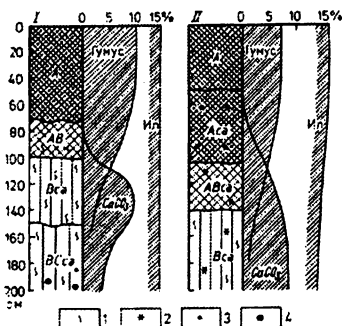
Слабодифференцированные — формируются на легких породах (песчаных и супесчаных). Содержание гумуса, ЕКО, влагоемкость, запасы продуктивной влаги низкие. При использовании таких почв под пашню необходимо орошение. В лесостепи пригодны

А

- 1 — кремнеземистая присыпка;
- 2 — глинисто-гумусовые натеки;
- 3 — прожилки;
- 4 — псевдомицелий

**Б**

- 1 — прожилки;
- 2 — псевдомицелий;
- 3 — белоглазка;
- 4 — журавчики

**В**

- 1 — прожилки;
- 2 — псевдомицелий;
- 3 — белоглазка;
- 4 — мучнистые скопления;
- 5 — журавчики;
- 6 — натеки на щебне

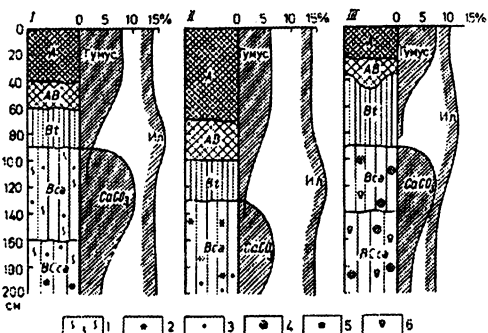
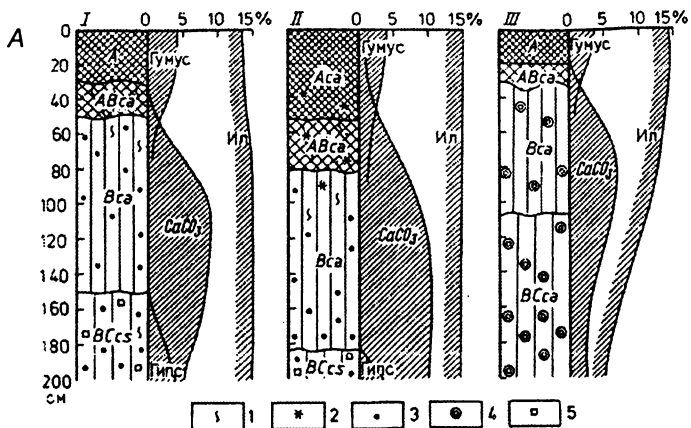
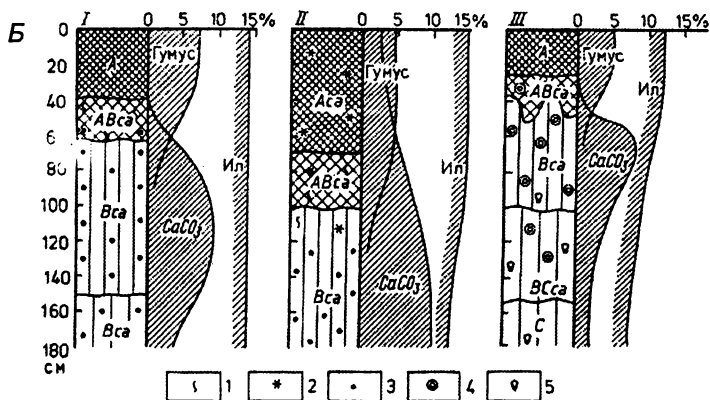


Рис. 28.2. Профильная характеристика оподзоленных (А), типичных (Б) и выщелоченных (В) черноземов (по Е.М.Самойловой, 1988):

I — фации умеренных промерзающих; умеренно-теплых промерзающих и теплых промерзающих почв; II — фации очень теплых кратковременно промерзающих; III — фации умеренных длительно промерзающих



1 — прожилки; 2 — псевдомицелий; 3 — белоглазка; 4 — мучнистые скопления; 5 — натечки на щебне



1 — прожилки; 2 — псевдомицелий; 3 — белоглазка; 4 — мучнистые скопления; 5 — кристаллы и друзы гипса

Рис. 28.3. Профильная характеристика обыкновенных (А) и южных (Б) черноземов (по Е.М.Самойловой, 1988)

I — фации теплых кратковременно промерзающих, теплых промерзающих, умеренно-теплых промерзающих и умеренных промерзающих; II — фации очень теплых периодически промерзающих почв; III — фации умеренных длительно промерзающих почв.

под насаждения сосны, в степи — для выращивания корнесобственных сортов винограда.

Глубоковскипающие — типичные, обыкновенные и южные — формируются на легких породах, в условиях лучшего промачивания. Вскипают глубже, по сравнению с обычными. Обладают пониженной влагоемкостью, нуждаются в орошении.

Бескарбонатные — развиты на породах, обедненных силикатами кальция. Вскипание и выделения карбонатов отсутствуют; встречаются среди типичных, оподзоленных и выщелоченных подтипов. Склонны к подкислению реакции среды при применении физиологически кислых минеральных удобрений. Иногда нуждаются в известковании.

Карбонатные — характеризуются вскипанием с поверхности и по всему профилю. Формируются на породах, обогащенных карбонатами. Среди выщелоченных и оподзоленных черноземов не встречаются. Плодовые и некоторые овощные культуры на этих почвах подвергаются хлорозу в связи с недостатком железа. Это лучшие почвы для выращивания винограда.

Солонцеватые — в пределах гумусового слоя имеют уплотненный солонцеватый горизонт с содержанием обменного натрия от 5 до 15% от ЕКО. Выделяются среди обыкновенных и южных. Обладают повышенной щелочностью, что ограничивает их использование под плодовые, овощные и другие культуры без предварительных мелиораций.

Осолоделые — формируются в условиях временного избыточного увлажнения в понижениях. Имеют дифференциацию профиля по илу и полуторным оксидам. Часто характеризуются повышенной плотностью, наличием обменного натрия и щелочной реакцией, что ограничивает их использование под плодовые культуры.

Слитые — формируются на иловато-глинистых породах. Обладают высокой плотностью, что ограничивает их использование под плодовые насаждения, виноградники, овощные культуры.

Неполноразвитые — имеют слаборазвитый профиль. Формируются на хрящевато-щебнистых породах. Скелетность ограничивает их использование под многие культуры, пригодны под виноградники.

Деление черноземов на виды производится: по мощности гумусового горизонта — *сверхмощные* (>120 см), *мощные* (80-120), *среднемощные* (40-80), *маломощные* (25-40) и *очень маломощные* (<20 см); по содержанию гумуса — *тучные* (>9%), *среднегумусные* (6-9), *малогумусные* (4-6) и *слабогумусированные* (<4%).

Разделение черноземов по степени эродированности. При мощности гумусовых горизонтов более 50 см:

- *слабосмытые* — горизонт А смыт на 30%, цвет пашни не изменяется;
 - *среднесмытые* — горизонт А смыт более чем на 50%, цвет пашни буроватый;
 - *сильносмытые* — полностью смыт гумусовый горизонт А+АВ. Цвет пашни бурый, структура глыбистая.
- При мощности гумусовых горизонтов менее 50 см:
- *слабосмытые* — смыто до 30% гумусовых горизонтов (А+АВ), цвет пашни не изменен;
 - *среднесмытые* — гумусовый горизонт смыт на 30-50%, цвет пашни буроватый, под пахотным — залегает бурый переходный горизонт В₁;
 - *сильносмытые* — гумусовый горизонт А+АВ смыт полностью, цвет пашни бурый, структура глыбистая.

28.5. Структура почвенного покрова лесостепной и степной зон

Структура почвенного покрова лесостепной зоны характеризуется наименьшей неоднородностью. В этой зоне преобладают зональные серые лесные и черноземные почвы с сочетанием с полугидроморфными серыми лесными глеевыми и лугово-черноземными. Такие комбинации часто осложняются контурами почв различной степени эродированности. Пример структуры почвенного покрова юго-западной части Среднерусской возвышенности приведен на рис. 28.4 (В.М.Фридланд, 1972).

В степной зоне неоднородность почвенного покрова возрастает в связи с появлением солонцеватых черноземов, солонцов и солончаков. Их появление существенно снижает качество почвенного покрова, усложняет мероприятия по эффективному использованию почв.

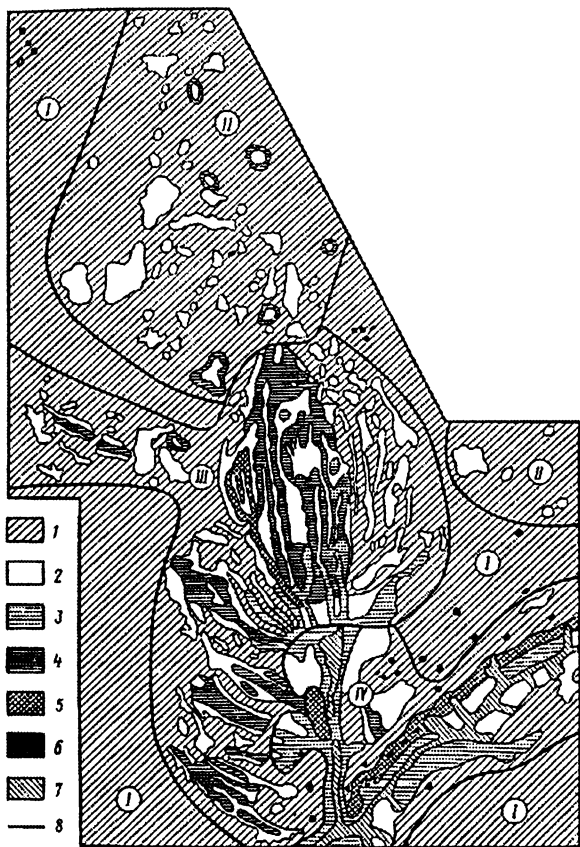


Рис. 28.4. Почвенный покров, образованный сложным сочетанием-вариацией черноземов и луговых почв балок юго-западной части Среднерусской возвышенности (Курская область). Уменьшено с карты масштаба 1:2500.

Почвы: 1 — черноземы типичные тучные мощные; 2 — то же, слабовыщелоченные; 3 — то же, сильновыщелоченные; 4 — то же, карбонатные; 5 — черноземы карбонатные тучные среднемощные; 6 — черноземы карбонатные перерытые; 7 — черноземно-луговые почвы; 8 — границы между ареалами комбинаций.

Компоненты сложного сочетания: I — спорадически пятнистый ЭПА; II — пятнистость выщелачивания, замкнутая, фоновая; III — то же, полуоткрытая, фоновая; IV — сочетание простое, открытое.

Глава 29. Каштановые почвы зоны сухих степей и бурые полупустынные почвы

Каштановые почвы формируются в условиях сухих степей суббореального пояса. Они образуют обширную зону на территории России — от Предкавказья до Алтая и отдельными массивами распространены в Средней Сибири и в Забайкалье. В пределах зоны с севера на юг выделяют три подтипа каштановых почв: темно-каштановые, каштановые и светло-каштановые. Наряду с каштановыми почвами в этой зоне широко распространены солонцы, солончаки, лугово-каштановые почвы.

29.1. Условия почвообразования

Климат. Климат сухих степей — суббореальный семиаридный с теплым засушливым летом и холодной малоснежной зимой. Количество осадков и сумма активных температур закономерно снижаются с севера на юг и с запада на восток (табл. 29.1). Коэффициент увлажнения колеблется от 0,5 на севере зоны до 0,12-0,33 на юге, что обуславливает непромывной и выпотной типы водного режима почв.

Растительность. В пределах Прикаспийской провинции выделяют три подзоны сухих степей: с севера на юг сменяют друг друга типчаково-ковыльные, полынно-типчаковые и типчаково-полынные степи. Растительность изрежена, степень покрытия — 50-70%. На засоленных и солонцеватых почвах распространены полынь, прутняк, ромашка. Поверхность почвы покрыта корочками лишайников, синезеленых и диатомовых водорослей. Количество опада составляет 2-4 т/га. В составе опада — 100-160 кг/га зольных элементов и 20-40 кг азота.

29.1. Климатические условия зоны сухих степей (по Д.И.Шашко, 1967)

Провинция	Осадки за год, мм	Сумма $t > 10^{\circ}\text{C}$	Продолжительность периода с $t > 10^{\circ}\text{C}$, дни	KУ
Восточно-Предкавказская	350-400	3300-3500	180-190	0,33-0,55
Прикаспийская	125-300	3000-3700	160-190	0,12-0,33
Тувинско-Южно-Забайкальская	180-300	1400-2100	95-130	0,35-0,55

Рельеф и почвообразующие породы. Рельеф зоны преимущественно равнинный или слабоволнистый, связанный с древними водноаккумулятивными низменностями. Широко распространены понижения (блюдца, западины, лиманы), в которых формируются засоленные почвы.

Характерной особенностью ландшафтов является бессточность территории и ее слабая дренированность.

Преобладающие почвообразующие породы — лессовидные карбонатные суглинки, реже лессы. Встречаются морские и озерные засоленные отложения, элюво-делювий коренных пород.

29.2. Генезис, строение, состав и свойства каштановых почв

Генезис. В формировании каштановых почв участвуют те же процессы, что и в формировании черноземов, но протекают они в более засушливых условиях. Поэтому дерновый процесс здесь проявляется слабее в связи с активной минерализацией источников гумуса и самого гумуса почв. Аридность обуславливает слабую выщелоченность от карбонатов, гипса и водорастворимых солей, которые в каштановых почвах залегают ближе к поверхности почвы и вызывают дифференциацию почвенного покрова по степени засоления и солонцеватости. В светло-каштановых почвах солонцовый процесс является зональным, наряду с дерновым. Многие ученые светло-каштановые почвы выделяют в отдельную группу аридосолей.

Строение профиля. Каштановые почвы имеют следующую систему генетических горизонтов: А — АВ — В — В_к — ВС_к — С_к (рис. 29.1).

А — гумусовый горизонт каштанового цвета, порошисто-комковатый; мощностью 15-30 см;

АВ — переходный гумусовый, слабее прокрашен гумусом; мощность 10-15 см, вскипает от HCl;

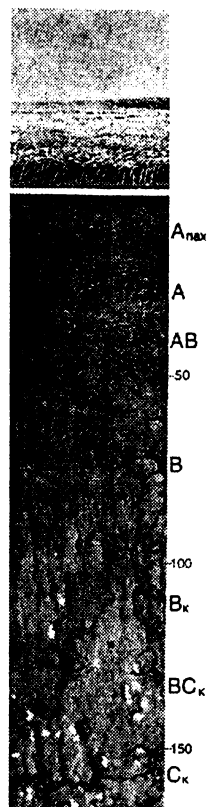


Рис. 29.1. Темно-каштановая почва

В — неоднородно окрашенный горизонт гумусовых затеков, мощность 15-20 см, вскипает от HCl;

V_k — горизонт максимального содержания карбонатов, которые выделяются в форме белоглазки, прожилок или мучнистых скоплений;

VC_k — переходный к породе;

C_k — почвообразующая порода, карбонатная. Может содержать гипс и водорастворимые соли.

Состав и свойства. Темно-каштановые почвы близки по свойствам к южным черноземам, светло-каштановые — к бурым пустынно-степным почвам. Основным критерием для разделения каштановых почв на подтипы является степень их гумусированности (табл. 29.2).

В составе гумуса доля гуминовых кислот снижается, а фульвокислот постепенно возрастает — от темно-каштановых к светло-каштановым. В пахотных каштановых почвах наблюдается снижение содержания гумуса по сравнению с целинными, но значительно в меньшей степени, чем в черноземах. Это объясняется низким содержанием детрита и более высокой устойчивостью гумуса каштановых почв.

В составе ППК каштановых почв содержатся поглощенные катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} и Na^+ . Реакция среды — близкая к нейтральной или слабощелочная, pH_{H_2O} — 7,1-7,5 в гумусовом слое, до 8 и выше — в нижележащих горизонтах. С увеличением доли поглощенного натрия реакция среды становится более щелочной. Распределение ила и полуторных оксидов в профиле каштановых почв равномерное, за исключением солонцеватых разностей. Водно-физические свойства каштановых почв удовлетворительные. Основным лимитирующим фактором возделывания сельскохозяйственных культур является недостаток влаги.

29.2. Состав и свойства каштановых почв

Свойства	Темно-каштановые	Каштановые	Светло-каштановые
Мощность А+АВ, см	40-45	30-40	20-30
Гумус, %, для глинистых и суглинистых в гор. А	4-5	3-4	2-2,5
в гор. Апах	3-4	2-3	1,5-2,0
Сгк : Сфк	>1	≥1	<1
ЕКО, мг-экв на 100г	30-35	20-30	15-20
Глубина вскипания от HCl, см	35-40	30-35	20-25
Глубина залегания гипса и водорастворимых солей, см	150-200	100-150	80-120

29.3. Структура почвенного покрова зоны сухих степей

Почвенный покров зоны характеризуется высокой неоднородностью, сложностью и контрастностью, что связано с широким распространением солонцов, солончаков, солодей, солонцеватых и солончаковатых почв, а также полугидроморфных лугово-каштановых почв. Главной особенностью почвенного покрова сухих степей является комплексность. Каштановые почвы образуют комплексы с солонцами, солончаками и лугово-каштановыми почвами (рис. 29.2).

Причиной высокой комплексности является микрорельеф на фоне бессточности территории и ее слабой дренированности, который обуславливает различия в водно-солевом режиме, а также пестрота почвообразующих пород и неравномерное первоначальное распределение солей в почвообразующих породах, деятельность землероев, вынос солей на поверхность солелюбивой растительностью, близкое залегание к поверхности солевого горизонта.

Комплексность почвенного покрова с высоким содержанием засоленных и щелочных почв на фоне дефицита атмосферных осадков и источников пресной воды сильно осложняют условия земледелия в сухостепной зоне.

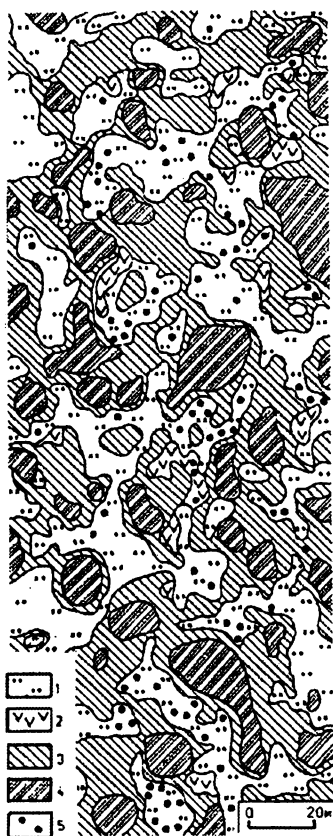


Рис. 29.2. Замкнутый солонцовый комплекс близ села Джанибек Западно-Казахстанской области (В.М.Фридланд, 1972)

Почвы: 1 — солонцы лугово-степные солончаковатые; 2 — солонцы лугово-степные остепняющиеся; 3 — светлокаштановые луговатые солонцеватые почвы; 4 — лугово-каштановые почвы; 5 — перерытые солонцы-солончаки бутанов сусликов.

29.4. Систематика и особенности сельскохозяйственного использования каштановых почв

Кроме подзональных выделяются фациальные подтипы каштановых почв, аналогичные фациальным подтипам черноземов степной зоны. Наиболее существенные отличия в свойствах характерны для умеренных длительно промерзающих подтипов почв Восточной Сибири, у которых существенно снижается мощность гумусовых горизонтов и усиливается промытость профиля от водорастворимых солей и гипса. Различия в сельскохозяйственном использовании фациальных подтипов сводятся к набору культур и сортов разных сроков созревания. Каштановые почвы подразделяются на роды, аналогичные черноземам степной зоны. Выделяют следующие роды: *обычные, карбонатные, осолоделые, слитые, неполноразвитые, солонцеватые, солончаковатые*. Среди каштановых почв много солонцеватых и солончаковатых, содержащих повышенные количества обменного натрия и водорастворимых солей.

Солонцеватые каштановые почвы содержат в ППК от 3 до 15% от ЕКО обменного натрия. Они характеризуются уплотненным горизонтом АВ с комковато-призмовидной или глыбистой структурой. По содержанию натрия (% от ЕКО) делятся на виды: *слабосолонцеватые* — 3-5%, *среднесолонцеватые* 5-10 и *сильносолонцеватые* — 10-15. Профиль этих почв более дифференцированный по содержанию ила, SiO_2 и R_2O_3 , что обусловлено проявлением солонцового процесса. Солонцеватые каштановые почвы имеют повышенную щелочность. Использование их под требовательные к условиям питания культуры (плодовые, виноград, овощные) без химических мелиораций неэффективно.

Солончаковатые каштановые почвы содержат в профиле водорастворимые соли: от 0,15 до 0,6% при содовом засолении, от 0,2 до 1% — при хлоридном и от 0,3 до 2% — при сульфатном. Количественные различия в верхнем и нижнем пределах содержания солей связано с их вредностью для растений. Наиболее вредным является содовое засоление, наименее — сульфатное. Солончаковатые каштановые почвы для эффективного использования под пахотные угодья нуждаются в рассолении.

На уровне отдельного типа выделяют полугидроморфные *лугово-каштановые* почвы, которые формируются при близком залегании грунтовых вод в понижениях рельефа. Они характеризуются повышенной мощностью гумусовых горизонтов (до 45-50 см), более высоким содержанием гумуса (4-6%), лучшей оструктуренностью и обеспеченностью элементами питания. При от-

сутствии солонцеватости и водорастворимых солей в профиле эти почвы более плодородны по сравнению с каштановыми.

На виды каштановые почвы делятся по мощности гумусовых горизонтов А+АВ, см: *мощные* (>50), *среднемощные* (30-50), *маломощные* (20-40), *очень маломощные* (<20). Деление по степени эродированности каштановых почв аналогично делению черноземов степной зоны.

Каштановые почвы потенциально плодородны. Урожай сельскохозяйственных культур лимитирует недостаток влаги. В этой зоне возделывают твердые сорта пшеницы, кукурузу, подсолнечник, бахчевые, виноград, плодовые и другие культуры. Основные мероприятия при использовании каштановых почв можно объединить в следующие группы.

1. Мероприятия по накоплению влаги: снегозадержание, полезащитное лесоразведение, чистые пары, глубокая зяблевая вспашка, глубокое безотвальное рыхление, посев кулис и др.

2. Орошение каштановых почв позволяет получать гарантированные урожаи сельскохозяйственных культур, резко повышает эффективность органических и минеральных удобрений. На светло-каштановых почвах земледелие без орошения неэффективно, а удобрения вообще не дают прибавки урожая. При орошении появляется опасность вторичного засоления в связи с большими площадями засоленных почв и минерализацией грунтовых вод.

3. Противозэрозионные и противодефляционные мероприятия в зоне каштановых почв остаются актуальными. Особенно подвержены ветровой эрозии легкие каштановые почвы.

4. Организация территории зоны сухих степей определяется, в первую очередь, большой комплексностью почвенного покрова. Эффективность использования почв зависит от состава почвенных комплексов, содержания в них солонцов, солончаков, а также в разной степени солонцеватых и солончаковатых почв. В ряде случаев целесообразно исключение таких почв из пашни и использование их под пастбища.

29.5. Бурые полупустынные почвы

Бурые полупустынные почвы являются зональным типом полупустынной (пустынно-степной) зоны. При почвенно-географическом районировании их часто объединяют в одну зону со светло-каштановыми почвами в силу сходства условий почвообразования и свойств этих почв. Они распространены в Прикаспийской (Кал-

мыкия и Астраханская область) и в Тувинско-Южно-Забайкальской провинциях. Зона бурых полупустынных почв характеризуется высокой комплексностью почвенного покрова.

Условия почвообразования. *Климат* — резкоконтинентальный и аридный. Годовое количество осадков — 100-250 мм, сумма температур более 10° составляет от 2000° в Южном Забайкалье до 3000° в Прикаспийской провинции; КУ — 0,12-0,33. Безморозный период — 160-190 дней.

Растительность представлена типчаково-полынными изреженными ассоциациями с участием ксерофильных солеустойчивых видов. Степень проективного покрытия — 20-40%. Поверхность почвы покрыта корочками лишайников и водорослей. Биомасса растений в среднем составляет до 10 т/га, из них зеленой части только 4 ц/га. Количество опада — 1-1,5 т/га, преобладающая часть в форме корней.

Рельеф в Прикаспийской провинции равнинный, в Южной Сибири — холмистоувалистый и низкогорный. Почвообразующие породы представлены карбонатными лессовидными суглинками, морскими, озерными, древне-аллювиальными отложениями разного гранулометрического состава. Породы часто содержат водорастворимые соли.

В формировании бурых полупустынных почв принимают участие ЭПП, характерные для аридных территорий — слабый процесс гумусонакопления сочетается с процессами рассоления-осолонцевания-осолодения и коркообразования.

Строение профиля и свойства. Бурые полупустынные почвы имеют следующую систему генетических горизонтов (рис. 29.3):

A — сверху комковатая корочка (2-4 см), ниже — светлый, слоеватый (осолодевший) (10-12 см);

B — крупнокомковатый, уплотненный, вскипает, мощность — 12-15 см;

B_к — желто-бурый, плотный, комковато-ореховатый с выделениями белоглазки;

BC_(к, г, с) — переходный к породе, часто содержит кроме карбонатов гипс и водорастворимые соли.



Рис. 29.3. Бурая полупустынная почва

$C_{(к, г, с)}$ — бесструктурный, с выделениями гипса и легкорастворимых солей.

Содержание гумуса в горизонте А — 1-1,5%. В составе гумуса преобладают фульвокислоты, отношение $C_{ГК} : C_{ФК}$ — 0,4-0,6. ЕКО — 15-20 мг-экв/100 г. В составе ППК преобладают поглощенные катионы Са и Mg, содержание обменного Na — от 1 до 15% от ЕКО. Реакция среды в верхних горизонтах слабощелочная (рН 7,3-7,5), в нижних — щелочная (рН 8,2-8,8). В солонцеватых бурых полупустынных почвах четко проявляется дифференциация по илу и полуторным оксидам.

Систематика бурых полупустынных почв аналогична каштановым почвам. В пределах типа выделяют три фациальных подтипа: кратковременно-промерзающие (Прикаспийская провинция), теплые промерзающие (к востоку от Мугоджарских гор) и умеренно-теплые длительно-промерзающие (котловины юга Тувы). Внутри подтипов выделяют следующие роды: слабодифференцированные (песчаные и супесчаные), солончаковатые, солонцеватые, гипсоносные. Разделение на виды проводится по степени солонцеватости, глубине, типу и степени засоления. Как самостоятельный тип выделяются лугово-бурые почвы, полугидроморфные с близким уровнем залегания грунтовых вод (2-5 м).

Сельскохозяйственное использование бурых полупустынных почв резко ограничивается недостатком влаги. Поэтому без орошения земледелие не имеет перспектив. При орошении в этой зоне выращивают ценные сельскохозяйственные культуры: овощи, бахчевые, плодовые и др.

Пустынно-степная зона традиционно является зоной пастбищного экстенсивного животноводства, в первую очередь овцеводства.

Глава 30. Засоленные почвы и солоды

К засоленным почвам относятся солончаки, солонцы, а также слабо-, средне- и сильнозасоленные почвы, которые выделяются на уровне родов в лугово-черноземных, каштановых и лугово-каштановых, бурых полупустынных и других почвах аридных территорий. Среди солодей встречаются как засоленные, так и незасоленные разновидности.

Солончаки, солонцы и солоды относятся к интразональным почвам. Они распространены в лесостепной, степной, сухостепной, пустынно-степной зонах.

30.1. Засоленные почвы и солончаки

К засоленным относятся такие почвы, которые содержат в своем составе легкорастворимые соли (бикарбонаты и карбонаты натрия, сульфаты натрия и магния, хлориды кальция, магния и натрия, нитраты кальция, магния и натрия) в токсичных для растений количествах. Токсичность водорастворимых солей обусловлена повышением осмотического давления почвенных растворов и токсичностью отдельных ионов. Наиболее токсичной является сода, меньшей токсичностью обладают хлориды, бикарбонаты натрия и магния и наименьшей — сульфаты. Соотношение анионов по токсичности имеет следующие значения: $1 \text{ Cl} = 0,1 \text{ CO}_3^{2-} = (2,5-3) \text{ HCO}_3^- = (5,0..6,0) \text{ SO}_4^{2-}$. Сульфаты и бикарбонаты кальция не относятся к токсичным солям.

В зависимости от содержания токсичных солей и типа засоления почвы разделяют по степени засоления (табл. 30.1).

По глубине залегания верхней границы солевого горизонта засоленные почвы разделяются на солончаковые — соли в слое 0-30 см, солончаковатые — 30-80 см, глубокосолончаковатые — 80-150 и глубокозасоленные — глубже 150 см.

Источники солей в почвах. Все разнообразие источников солей в почвах можно объединить в семь групп.

1. Горные породы высвобождают соли в процессе выветривания. По данным В.А.Ковды, в мировой океан поступает до 3 млрд т водорастворимых солей, в бессточные области континентов — до 1 млрд т солей в год. Особенно много высвобождается солей из осадочных морских и озерных соленосных отложений.

2. Продукты извержения вулканов, содержащие хлор и серу, углекислый газ и др.

3. Эоловый перенос солей с морей и океанов, соленых озер, лагун и др. может составлять от 2 до 20 т/км².

4. Атмосферные осадки — содержание солей в них колеблется от 20-30 мг/л до 300-400 мг/л в приморских районах.

5. Грунтовые воды в засушливых районах, как правило, засолены. При выпотном типе водного режима они становятся непосредственным источником засоления. Сезонный приток солей за счет испарения минерализованных грунтовых вод может достигать 500-1000 т/га (В.А.Ковда, 1956).

6. Оросительные и ирригационные почвенно-грунтовые воды часто являются источником вторичного засоления почв при орошении без удовлетворительного дренажа и при подъеме уровня грунтовых вод.

30.1. Классификация почв по содержанию токсичных солей, % к массе почвы (по Н.И.Базилевич, Е.И.Панковой)

Степень засоления почвы	Тип засоления						
	хлоридный $\text{Cl}^- : \text{SO}_4^{2-} \geq 2,5$	сульфатно-хлоридный $\text{Cl}^- : \text{SO}_4^{2-} = 2,5-1$	содово-хлоридный и хлоридно-содовый $\text{Cl}^- : \text{SO}_4^{2-} > 1, \text{HCO}_3^- < \text{Cl}^-*$	содово-сульфатный и сульфатно-содовый $\text{Cl}^- : \text{SO}_4^{2-} \leq 1, \text{HCO}_3^- < \text{SO}_4^{2-}$	хлоридно-сульфатный $\text{Cl}^- : \text{SO}_4^{2-} \leq 1-0,3$	сульфатный $\text{Cl}^- : \text{SO}_4^{2-} \leq 0,3$	сульфатно- или хлоридно-гидрокарбонатный щелочно-земельный $\text{HCO}_3^- : \text{Cl}^- > 1, \text{HCO}_3^- : \text{SO}_4^{2-} < 1$
Незасоленные	<0,03	<0,05	<0,1	<0,15	<0,10	<0,15	<0,15
Слабозасоленные	0,03-0,10	0,05-0,12	0,10-0,15	0,15-0,25	0,10-0,25	0,15-0,30	0,15-0,30
Среднезасоленные	0,10-0,30	0,12-0,35	0,15-0,30	0,25-0,35	0,25-0,50	0,30-0,60	0,30-0,50
Сильнозасоленные	0,30-0,60	0,35-0,70	0,30-0,50	0,35-0,60	0,50-0,90	0,60-1,40	Не встречается
Очень сильно-засоленные (солончаки)	>0,6	>0,7	>0,5	>0,6	>0,9	>1,4	То же

* Содержание HCO_3^- в водной вытяжке должно быть больше $\text{Ca} + \text{Mg}$.

7. *Растительность* в аридных районах имеет мощную корневую систему, которая перекачивает соли из более глубоких слоев в верхние слои почвы.

География соленакопления. Основные площади засоленных почв приурочены к засушливым областям с непромывным, аридным и выпотным типами водного режима. Максимальное соленакопление наблюдается в пустынях (табл. 30.2), где аккумулируются даже наиболее растворимые соли, минимальное — в лесостепной зоне. В.А.Ковда выделил на территории России 4 крупные провинции современного накопления солей:

- сульфатно-содовая (Окско-Донская, Западно-Сибирская, Амурская, Лено-Вилюйская низменности, Сыртовое Заволжье);
- хлоридно-сульфатная (южная часть Сыртового Заволжья, Зауралье, Фергана и дельта Амударьи в республиках Средней Азии);
- сульфатно-хлоридная (Туранская и Причерноморская низменности);
- хлоридная (Прикаспийская низменность).

Солончаки — это очень сильно засоленные почвы с поверхности и по всему профилю. Нижний предел содержания водорастворимых солей в солончаках зависит от токсичности солей. При содовом засолении к солончакам относятся почвы с содержанием солей более 0,5-0,6%, при хлоридном — более 0,7-0,8% и при сульфатном — более 1,4%. Верхний предел содержания солей в солончаках варьирует в широком диапазоне — от 1-3% в лесостепной и степной зонах до 8-10% в сухих степях и до 20-30% в пустынях.

30.2. Накопление солей в водах и засоленных почвах различных природных зон (В.А.Ковда, 1946)

Зона	Наивысшая минерализация воды, г на 1 л			Максимальное количество легко-растворимых солей в верхних горизонтах солончаков, %	Характерные соли в солончаках
	реки	грунтовые воды	солёные озера		
Пустыня	20-90	200-220	350-450	15-20	NaCl, NaNO ₃ , MgCl ₂ , MgSO ₄
Сухая степь	10-30	100-150	300-350	5-8	NaCl, Na ₂ SO ₄ , CaSO ₄ , MgSO ₄
Степь	3-7	50-100	100-250	2-3	Na ₂ SO ₄ , NaCl, Na ₂ CO ₃
Лесостепь	0,5-1	1-3	10-100	0,5-1	Na ₂ CO ₃ , Na ₂ SO ₄ , Na ₂ SiO ₃

Растительность на солончаках с высокой степенью засоления сильно изрежена и представлена различными видами солянок. Наиболее часто встречаются солерос, сарсазан, биюргун, черный саксаул и др. На солончаках с меньшей концентрацией солей произрастают кермек, астра солончаковая, ячмень короткоостый и др. Растительность солончаков характеризуется повышенной зольностью: у ксерофитных полыней она достигает 10-20%, а у мясистых солянок — 40-55%. В золе солянок преобладают хлор, сера и натрий.

Строение профиля, состав и свойства солончаков. Профиль солончаков слабо дифференцирован. Он состоит из горизонтов А — В — С. По всему профилю наблюдаются выцветы солей, у гидроморфных солончаков имеются признаки оглеения (рис. 30.1).

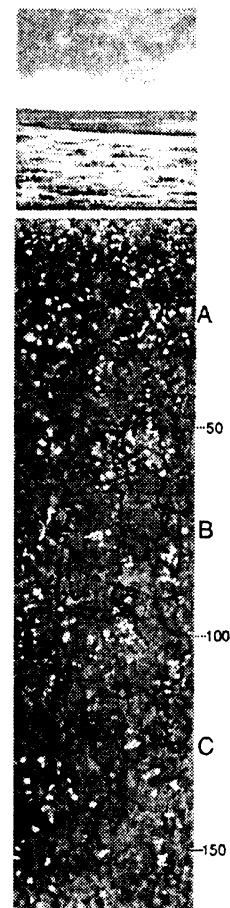


Рис. 30.1. Солончак

Главное свойство солончаков — высокое содержание водорастворимых солей. Солончаки и засоленные почвы различаются по химизму солей (табл. 30.1). Содержание гумуса у солончаков чаще невысокое, в верхнем горизонте — менее 1%. Только при засолении высокогумусных луговых почв содержание гумуса в солончаках может достигать 5-6%. Емкость катионного обмена составляет 10-20 мг-экв/100 г по всему профилю. В составе поглощенных катионов преобладают те, которые преобладают в составе водорастворимых солей, чаще всего это магний или натрий. Солончаки, засоленные нейтральными солями (хлоридными и сульфатными), имеют нейтральную и слабощелочную реакцию среды (pH_{H_2O} 7,2-7,5), при содовом засолении реакция их сильнощелочная (pH до 9-10).

Систематика солончаков. Выделяют два типа солончаков: *автоморфные* образовались на засоленных почвообразующих породах при глубоком залегании грунтовых вод; *гидроморфные* формируются в условиях близкого залегания засоленных грунтовых вод.

Автоморфные солончаки делятся на два подтипа: автоморфные *типичные* и автоморфные *отакырненные*. По источникам засоления их делят на роды: литогенные, древнегидроморфные и биогенные (нитратные). Гидро-

морфные солончаки разделяются на подтипы: типичные, луговые, болотные, соровые (в днищах высыхающих озер), грязево-вулканические, бугристые (навеянные); на роды солончаки делят по составу солей; на виды — по распределению солей в профиле (поверхностные — соли сосредоточены в слое 0-30 см; глубокопрофильные — во всем профиле) и по морфологии поверхностного горизонта (пухлые — засолены Na_2SO_4 , корковые — NaCl , мокрые — CaCl_2 и MgCl_2 , черные — Na_2CO_3).

Сельскохозяйственное использование солончаков и засоленных почв. Большие площади солончаков не используются в сельском хозяйстве, особенно луговые, или используются как сенокосы и пастбища. Коренное улучшение солончаков и засоленных почв предусматривает промывку их большими дозами воды — от 2 до 17 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$. При этом необходимо создание хорошего дренажа для сброса промывных вод. Это мероприятие очень дорогостоящее и применяется на ограниченных площадях.

Зональные почвы разной степени засоления используют прежде всего под солеустойчивые культуры (табл. 30.3). На пахотных засоленных почвах применяют мероприятия по накоплению влаги, которая снижает концентрацию солей и способствует их выщелачиванию в более глубокие слои почвенного профиля.

Для предупреждения вторичного засоления почв на орошаемых землях предусматривают создание хорошего дренажа, регулирование норм полива, применение перспективных способов орошения и др.

30.3. Относительная солеустойчивость растений (Ковда В.А. и др., 1967)

Неустойчивые	Среднеустойчивые	Устойчивые
Полевые культуры		
Фасоль	Рожь Пшеница Овес Сорго Соя Конские бобы Кукуруза Рис затопляемый Лен Подсолнечник	Ячмень Сахарная свекла Рапс Хлопчатник

Неустойчивые	Среднеустойчивые	Устойчивые
Кормовые травы		
Клевер ползучий Лисохвост Клевер гибридный Клевер луговой Кровохлебка	Донник белый Донник желтый Райграс многолетний Канареечник клубненосный Волоснец безостый Клевер земляничный Суданская трава Донник белый однолетний Люцерна Ежа сборная Овсяница луговая Канареечник тростниковый Лядвенец большой Кострец безостый Райграс высокий	Бескильница Бермудская трава Пырей высокий Волоснец канадский Пырей американский Овсяница высокая Лядвенец рогатый
Овощные культуры		
Редис Сельдерей	Томат Капуста спаржевая Капуста кочанная Капуста цветная Салат латук Кукуруза сахарная Картофель Батат Перец Морковь Лук Горох Тыква Огурцы	Свекла столовая Капуста листовая Спаржа Шпинат
Фруктовые и ягодные		
Груша Яблоня Апельсин Грейпфрут Слива Миндаль Абрикос Персик Земляника Лимон Авокадо	Гранат Инжир Оливковое дерево Виноград	Финиковая пальма
Кустарники		
Калина Роза Фейхоа	Туя восточная Можжевельник Лантана	Олеандр

30.2. Солонцы

Солонцы — это почвы, содержащие в поглощенном состоянии повышенное количество обменного натрия в иллювиальном горизонте (более 15% от ЕКО) или обменного магния (более 40%) при меньшем, чем 15%-ом содержании обменного натрия. Они обладают следующими диагностическими показателями:

- дифференцированный профиль по элювиально-иллювиальному типу;
- щелочная реакция среды иллювиального и нижележащих горизонтов;
- наличие водорастворимых солей в средней или нижней части профиля;
- столбчатая, призматическая или глыбистая структура иллювиального горизонта и повышенная его плотность.

Среди черноземов, каштановых и бурых пустынно-степных почв, характеризующихся переходными свойствами от зональных к солонцам, *солонцеватые почвы* выделяют на уровне родов, которые содержат от 3 до 15% обменного Na, имеют щелочную реакцию, повышенную плотность в почвенном профиле, в разной степени — проявления элювиально-иллювиальную дифференциацию.

Растительность солонцов представлена специфическими солонцовыми сообществами. Наиболее характерные ее представители: полынь, ромашник, кермек, кохия и др.

Генезис солонцов. Современные представления о генезисе солонцов связаны с работами К.К.Гедройца, К.Д.Глинки, В.Р.Вильямса, В.А.Ковды, К.П.Пака, Е.Н.Ивановой, И.Н.Антипова-Каратаева, Н.И.Базилевич, А.М.Можейко, Б.В.Андреева, Н.П.Панова и других ученых.

Солонцы образуются в результате солонцового процесса почвообразования, сущность которого заключается в пептизации коллоидов, увеличении дисперсности минеральной массы и растворимости органического вещества под действием обменного натрия и соды, в вымывании пептизированных коллоидов из верхних горизонтов и их коагуляции в иллювиальном горизонте. Источником натрия и соды являются водорастворимые соли натрия, которые накапливаются в условиях засушливого климата в бессточных территориях.

Дискуссионным остается вопрос о происхождении малонатриевых солонцов. Существуют теории образования солонцов путем рассоления солончаков под воздействием слабоминерализованных растворов, содержащих соду; при биогенном накоплении

соды; накоплении обменного натрия под действием гальмаролиза (распад минералов под действием солевых растворов) и др.

В формировании надсолонцового осолоделого горизонта определенную роль играет процесс осолодения — разрушения пептизированных минералов тонких фракций и выноса продуктов разрушения вниз по профилю, а также элювиально-глеевый процесс.

Строение профиля. Солонцы имеют следующую систему генетических горизонтов: А ($A_1 + A_2$) — B_1 — $B_{2(к, г, с)}$ — $BC_{(к, г, с)}$ — $C_{(к, г, с)}$ (рис. 30.2).

А — гумусовый (надсолонцовый), иногда подразделяется на подгоризонты A_1 (гумусовый) и A_2 (белесый осолоделый);

B_1 — иллювиально-гумусовый (собственно солонцовый), плотный, структура столбчатая, призматическая или ореховатая;

$B_{2(к, г, с)}$ — подсолонцовый, может содержать карбонаты, водорастворимые соли и гипс;

$BC_{(к, г, с)}$ — содержит выделения водорастворимых солей, карбонатов и гипса;

$C_{(к, г, с)}$ — засоленная почвообразующая порода.

Систематика солонцов. Типы солонцов выделяются по характеру увлажнения (табл. 30.4); подтипы — по зональному принципу; роды — по химизму, глубине и степени засоления.

Состав и свойства солонцов. Для солонцов характерна дифференциация профиля по илу и валовому составу. Надсолонцовый горизонт, по сравнению с солонцовым, обеднен илом, оксидами железа, алюминия и обогащен оксидами кремния (рис. 30.3). В минералогическом составе илистой фракции преобладают монтмориллонит и гидрослюды. В составе ППК содержится от 15 до 60% от ЕКО обменного натрия. Иногда при более низком содержании обменного натрия содержится много магния — до 35-45%. Содовые солонцы имеют повышенную щелочную реакцию среды (рН 8-10); засоленные нейтральными солями — слабощелочную реакцию. Содержание гумуса зависит от зоны, в которой они формируются, и составляет от 1-1,5% в полупустынях до 6% и более — в черноземных солонцах. В составе гуму-

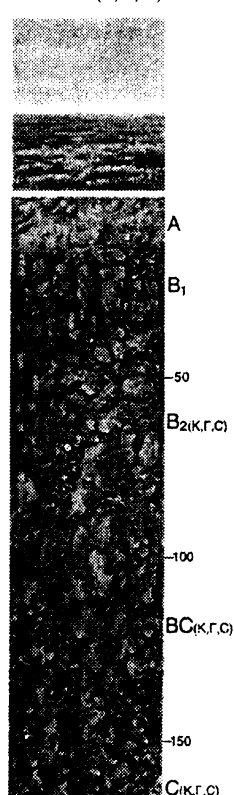


Рис. 30.2 Солонец каштановый

30.4. Систематика солонцов

Тип	Подтип	Род*	Вид
Солонцы авто-морфные	По зональному признаку Черноземные Каштановые Бурые полу-пустынные	По химизму (типу) засоления Содовые, смешанные, содово-сульфатные, содово-хлоридно-сульфатные Нейтральные: сульфатно-хлоридные, хлоридно-сульфатные	По мощности надсолонцового горизонта A ₁ До 5см – корковые 5-10 см – мелкие 10-18см – средние >18 см – глубокие
Солонцы полугидро-морфные	Лугово-черноземные Лугово-каштановые Лугово-бурые полупустынные Лугово-мерзлотные	По глубине залегания 5-30 см – солончаковые; 30-50 см – высокосолончаковые; 50-100 см – солончаковатые; 100-150 см – глубокосолончаковатые; 150-200 см – несолончаковатые (глубокозасоленные)	По содержанию обменного натрия в B ₁ (% емкости обмена) До 10% – малонатриевые 10-25% – средненатриевые >25% – многонатриевые
Солонцы гидро-морфные	Черноземно-луговые Каштаново-луговые Бурые полупустынные луговые Лугово-болотные Лугово-мерзлотные	По степени засоления Солонцы-солончаки, сильнозасоленные, средnezасоленные, слабозасоленные, незасоленные (встречаются редко) По глубине залегания карбонатов и гипса Высококарбонатные – выше 40 см Глубококарбонатные – ниже 40 см Высокогипсовые – выше 40 см Глубокогипсовые – ниже 40 см	По степени осолодения Слабоосолоделые, осолоделые, сильноосолоделые По структуре в горизонте B ₁ Столбчатые, ореховатые, призматические, глыбистые

* Разделение на роды и виды относится ко всем типам и подтипам

са преобладают фульвокислоты. В подсолонцовом горизонте содержатся гипс, карбонаты и водорастворимые соли.

Солонцы обладают плохими водно-физическими свойствами. Солонцовый горизонт отличается высокой вязкостью и липкостью. Он сильно набухает во влажном состоянии и твердеет при иссушении. Пахотный слой солонцов характеризуется низкой водопроницаемостью, способностью образовывать прочную корку, слабой физиологической доступностью влаги.

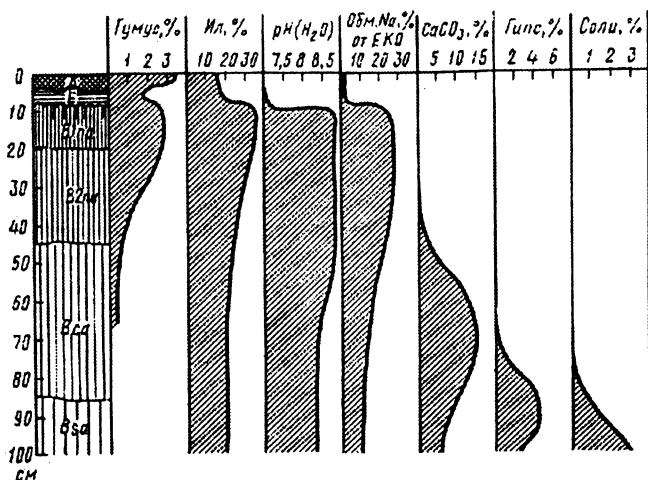


Рис. 30.3. Профильная характеристика солончака (по Е.М.Самойловой, 1988)

Сельскохозяйственное использование солонцов. Солонцы обладают комплексом отрицательных агрономических свойств: щелочной реакцией среды, неудовлетворительными водно-физическими свойствами, наличием в профиле водорастворимых солей.

Обменный натрий и содовое засоление — главная причина щелочности и неудовлетворительных водно-физических свойств. Поэтому основным приемом улучшения содовых солонцов является химическая мелиорация — *гипсование*. При этом происходит замена поглощенного натрия в ППК на кальций. Норму гипса устанавливают по содержанию обменного натрия. Она составляет от 5-8 т/га в лугово-степных и степных хлоридно-сульфатных солонцах, до 15 т/га и более в луговых солонцах с содовым засолением. Гипсование снижает щелочность и улучшает водно-физические свойства солонцов. Эффективность гипсования повышается в условиях орошения.

В качестве мелиорирующих веществ применяют и другие химические соединения, содержащие кальций (фосфогипс, хлористый кальций) или отходы кислотной промышленности, содержащие серную или азотную кислоту (кислование солонцов).

При близком залегании к поверхности карбонатного и гипсового горизонтов проводят *самомелиорацию* солонцов путем глубокой плантажной вспашки с вовлечением карбонатов и гипса в пахотный слой.

Органические и физиологически кислые минеральные удобрения существенно улучшают свойства солонцов и повышают урожайность сельскохозяйственных культур.

Для улучшения небольших пятен солонцов среди черноземных почв применяют *землевание* — засыпку поверхности солонца слоем плодородного грунта.

Эффективность различных приемов улучшения солонцов повышается в условиях орошения или на фоне мероприятий по накоплению влаги.

30.3. Солоди

Солоди — это гидроморфные и полугидроморфные почвы, сформировавшиеся в условиях промывного или интенсивного периодически промывного водного режима, с резко дифференцированным профилем по элювиально-иллювиальному типу. Они формируются в понижениях под гидрофильными растительными сообществами в лесостепной, сухостепной и полупустынной зонах.

Генезис солодей. К.К. Гедройц показал, что солоди образуются из солонцов путем замещения в ППК обменного натрия на водород, что приводит к гидролитическому расщеплению почвенного поглощающего комплекса. Полуторные оксиды выносятся, а остаточный кремнезем накапливается в осолоделом горизонте. Н.И.Базилевич в образовании солодей большую роль отводила воздействию на ППК слабоминерализованных грунтовых вод и внедрению натрия в ППК с последующей заменой на водород. Наличие в ППК ионов H^+ позволяет предполагать проявление оподзоливания в верхней части профиля солодей. С.П.Ярков и И.С.Кауричев обосновали участие в образовании солодей элювиально-глеевого процесса.

Строение профиля солодей. Солоди морфологически очень сходны с дерново-подзолистыми глеевыми почвами. Они имеют следующую систему генетических горизонтов: $A_0 - A_1 - A_2 - A_2B_g - B_g - BC_g - C_g$ (рис. 30.4).

A_0 — лесная подстилка или дернина;

A_1 — гумусовый горизонт мощностью от 5 до 20 см;

A_2 — осолоделый, слоеватый элювиальный горизонт;

A_2B_g — переходный к иллювиальному, часто оглеен;

$B_{g(к, г, с)}$ — иллювиальный, оглеенный, ореховато-призмочной структуры, может подразделяться на отдельные подгоризонты с выделениями карбонатов, гипса и водорастворимых солей;

$C_{g(к, г, с)}$ — почвообразующая оглеенная порода.



A_0A_1
 A_2
 -50
 A_2B_g
 -100
 B_g
 -165
 BC_g

Рис. 30.4. Солодь луговая торфянисто-глеевая

Систематика солодей. Солоди подразделяются на три подтипа по степени гидроморфности: солоди лугово-степные (грунтовые воды 3-6 м), луговые (воды на глубине 1,5-3 м), лугово-болотные (грунтовые воды на глубине 1-1,5 м).

Роды выделяются по характеру распределения карбонатов и водорастворимых солей: обычные, бескарбонатные и солончакватые. Разделение на виды проводится: по глубине осолодения (мощность горизонтов A_1+A_2) — мелкие (<10 см), средние (10-20 см) и глубокие (>20 см); по мощности гумусового горизонта A_1 — типичные (<5 см), мелкодерновые (5-10 см), среднедерновые (10-20 см) и глубокодерновые (>20 см); по содержанию гумуса — светлые (<3%), серые (3-6%), темные (>6%).

Свойства солодей. Содержание гумуса в гумусовом слое солодей варьирует в широком диапазоне — от 1-2 до 10%; в составе гумуса в самом верхнем слое незначительно преобладают гуминовые кислоты, а ниже — фульвокислоты. ЕКО варьирует в зависимости от гранулометрического состава и содержания гумуса. Наиболее высокая ЕКО — в горизонте В (30-40 мг-экв/100 г). В составе поглощенных катионов в горизонтах A_1 и A_2 — Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ и Al^{3+} . В этой части профиля ППК не насыщен основаниями, реакция среды кислая. В иллювиальном горизонте В наряду с обменными кальцием и магнием присутствует Na^+ — до 10% и более от ЕКО. Поэтому реакция среды в горизонте В слабощелочная, что позволяет отличать их от дерново-подзолистых почв.

С глубины 80-100 см солоди часто содержат карбонаты Са и Mg, водорастворимые соли и гипс. В профиле солодей наблюдается дифференциация ила и полуторных оксидов по элювиально-иллювиальному типу.

Сельскохозяйственное использование. Крупные массивы солодей (степные лиманы) используются как кормовые угодья. Мелкие пятна солодей, в неглубоких понижениях, часто распахи-

ются и окультуриваются путем внесения органических и минеральных удобрений на фоне известкования. В некоторых случаях проводят землевание мелких пятен. Солоди, формирующиеся в понижениях, освоению не подлежат и используются как естественные сенокосы и пастбища.

Глава 31. Аллювиальные почвы пойм

Аллювиальные почвы занимают большие площади на территории России в долинах крупных рек, таких как Волга, Ока, Кама, Днепр, Дон, Иртыш, Обь, Лена, Амур, и их притоков.

31.1. Особенности условий и процессов почвообразования в поймах рек

Строение речных долин. Речные долины — это вытянутые в длину, часто извилистые углубления в земной поверхности, имеющие на всем протяжении уклон — от верховьев к устью. Происхождение речных долин в основном эрозионное, связанное с деятельностью рек. В речной долине выделяются: русло реки, пойма, склоны, террасы, коренные берега.

Коренной берег — часть водораздела, прилегающая к речной долине и возвышающаяся над ней. В его строении отложения реки участия не принимают.

Террасы — остатки прежних речных долин, горизонтальные или слегка наклонные участки в виде полос вдоль реки, ограниченные сверху и снизу уступами. Террасы бывают аллювиальные (аккумулятивные) и эрозионные (денудационные) (рис. 31.1). Первые образовались при повторном понижении базиса эрозии и

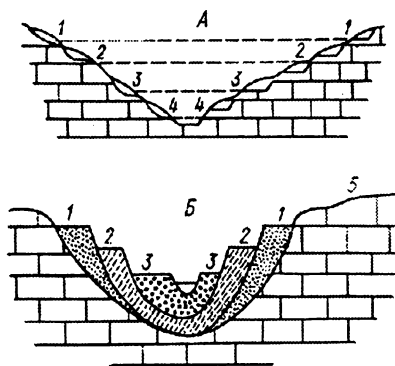


Рис. 31.1. Морфология различных террас: А — террасы эрозионные, цокольные; Б — террасы аккумулятивные — “вложенные”:

1 — наиболее древние, 3,4 — наиболее молодые, 5 — коренной берег

врезании русла реки в древнеаллювиальные отложения, вторые — при врезании русла реки в коренные породы.

Устье реки — участок реки при ее впадении в море, озеро или другую реку. **Дельта реки** — конус выноса реки при ее впадении в море или озеро, сложена аллювиальными отложениями.

Пойма — часть долины реки, прилегающая к ее руслу, покрытая растительностью и периодически затопляемая в периоды половодья. В поперечном направлении пойма делится на три части (рис. 31.2): **приустьевая пойма** — наиболее возвышенная и расчлененная, поднимается на несколько метров над меженным уровнем реки; **центральная пойма** — самая протяженная, занимает среднюю часть и **притеррасная пойма** — наиболее пониженная, заболоченная часть с наличием стариц и озер. Ширина поймы зависит от размеров рек: от нескольких десятков метров у малых рек до нескольких десятков километров — у крупных.

Поемные и аллювиальные процессы. В речной пойме имеют место два специфических процесса: поемный и аллювиальный.

Поемный процесс — это периодическое затопление поверхности поймы паводковыми (полыми) водами. Длительность затопления зависит от условий питания рек. **Аллювиальный процесс** — это перемещение паводковыми водами взмученного материала и накопление речного аллювия в результате оседания на поверхности пойменных почв твердых частиц из паводковых вод. В результате этого процесса аллювиальные почвы постоянно растут вверх за счет новых порций аллювия. При разливе реки в половодье наи-

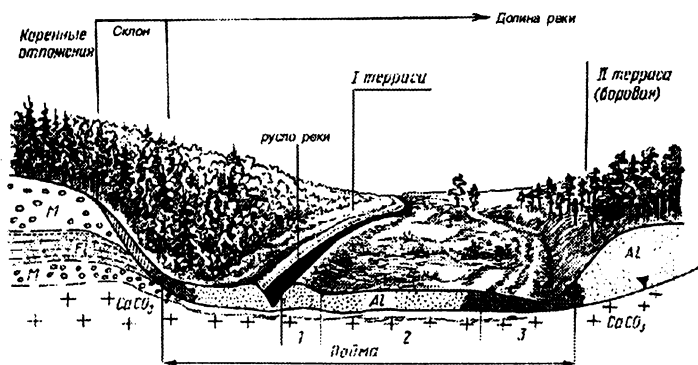


Рис. 31.2. Строение поймы и долины реки (по В.Д.Зеликову, 1981): 1 — приустьевой вал; 2 — центральная часть поймы; 3 — притеррасная часть; М — морена; Fl — флювиогляциальные отложения; Al — аллювиальные отложения; CaCO_3 — известняки

большая скорость потока создается в прилегающей к руслу части поймы, поэтому здесь откладывается наиболее грубый галечниково-песчаный и супесчаный аллювий, как правило, слоистый. В центральной части поймы течение паводковых вод замедленное, поэтому здесь откладывается более тонкий аллювий, состоящий из пылеватых и иловатых частиц. В результате в центральной пойме формируются суглинистые и глинистые отложения. В притеррасной пойме скорость течения паводковых вод минимальная. Вода здесь задерживается в понижениях на более длительное время. Поэтому в притеррасной пойме откладывается наиболее тонкий илистый материал.

Поскольку русло реки постоянно меандрирует, то части поймы могут меняться местами, что приводит к большой неоднородности и слоистости аллювиальных отложений.

Рельеф поймы и грунтовые воды. Прирусловая пойма имеет волнистый рельеф с резко выраженными песчаными валами и высокими гривами. Иногда здесь формируются эоловые формы рельефа — дюны. Грунтовые воды в период межени в прирусловой пойме опускаются глубоко и не влияют на почвообразование.

Рельеф центральной поймы более спокойный, но очень часто с выраженным микрорельефом — наличием грив и понижений между ними. Грунтовые воды здесь залегают неглубоко и оказывают влияние на нижнюю часть профиля, вызывая процессы оглеения.

Притеррасная пойма характеризуется обилием понижений, в разной степени заболоченных. Уровень грунтовых вод постоянно высокий. Грунтовые воды подпитываются стекающими с террас и коренного берега водами.

Растительность. Растительный покров пойм представлен луговыми разнотравно-злаковыми ассоциациями. Наиболее продуктивные фитоценозы в центральной пойме. Здесь распространены костер безостый, лисохвост, овсяница луговая, тимофеевка луговая, чина луговая, клевер и другие травы.

В притеррасной пойме преобладает влаголюбивая растительность: щучка, осоки, канареечник, тростник и др.

Древесная растительность в поймах таежно-лесной зоны представлена елью, сосной, березой, ольхой, ивами; в лесостепной и степной — распространены дуб, вяз, тополь, клен, ива; в полупустынной и пустынной — тополь, лох, саксаул и другие породы.

Процессы почвообразования. Ведущим процессом почвообразования в поймах рек является дерновый. Его интенсивному проявлению в центральной пойме способствует обильная травянистая растительность, хорошо обеспеченная влагой, и приносимый

с паводковыми водами обогащенный элементами питания для растений свежееотложенный аллювий. Последний постоянно омолаживает почвы пойм и способствует их росту вверх. Проявлению дернового процесса способствует также тепловой режим: в поймах аридных районов — прохладнее, а холодных — теплее по сравнению с почвами водоразделов, благодаря высокой обводненности. Паводковые и проточные грунтовые воды центральной поймы обогащены кислородом, что снижает интенсивность проявления глеевого процесса, а дернового — усиливает.

Аллювиальные почвы являются геохимическим барьером для многих растворенных химических соединений в паводковых и стекающих с водоразделов водах. В поймах аккумулируются органические вещества, соединения железа, глинистые минералы, карбонаты кальция и магния, элементы питания для растений, что усиливает биогенность аллювиальных почв.

На процессы почвообразования в поймах рек большое влияние оказывают зональные биоклиматические факторы почвообразования. В большой степени они проявляются на повышенных участках поймы, где в почвообразовании принимают участие зональные процессы: оподзоливание, лессиваж, накопление солей и др.

32.2. Систематика и свойства

Существующая систематика пойменных почв разработана Г.В.Добровольским.

В поймах выделено три группы аллювиальных почв: аллювиальные дерновые, аллювиальные луговые и аллювиальные болотные.

Аллювиальные дерновые почвы. Почвы этой группы формируются в условиях кратковременного увлажнения паводковыми водами в прирусловой части поймы. Они имеют легкий гранулометрический состав, часто слоистое строение. Почвы не переувлажнены, следы оглеения отсутствуют. В меженные периоды грунтовые воды не оказывают влияние на почвообразование.

Профиль аллювиальных дерновых почв состоит из следующих горизонтов (рис. 31.3):

A_d — слабоуплотненная дернина, мощность до 5 см;

A — гумусовый горизонт с непрочнокомковатой структурой или бесструктурный, мощность от 5 до 40 см;

B — переходный горизонт, без признаков элювиального процесса, слоистый;

C — аллювий песчаный или супесчаный.

В этой группе выделено три типа почв, которые имеют определенное зональное положение: аллювиальные дерновые кислые, аллювиальные дерновые насыщенные, аллювиальные дерновые карбонатные (опустынивающиеся).

Аллювиальные дерновые кислые преимущественно распространены в таежно-лесной зоне. Содержание гумуса в гумусовом горизонте — 1-3%, иногда больше 5%. В составе гумуса преобладают фульвокислоты. ЕКО — 7-15 мг-экв/100 г. В составе поглощенных катионов: Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ , Al^{3+} . Реакция среды от кислой до слабокислой (pH_{KCl} 4-5).

В типе выделяют четыре подтипа: примитивные, слоистые, собственно аллювиальные, оподзоленные и два рода: обычные и галечниковые. На виды разделяются по мощности гумусового горизонта — укороченные (<20 см), маломощные (20-40 см) и по содержанию гумуса — малогумусные (<3%), среднегумусные (3-5%) и многогумусные (>5%).

Аллювиальные дерновые насыщенные распространены в лесостепной и степной зоне, преимущественно в прирусловой пойме. В лесной зоне встречаются в регионах с карбонатными породами. Они имеют более высокое содержание гумуса (до 10%), в составе гумуса преобладают гуминовые кислоты, в составе поглощенных катионов — Ca^{2+} и Mg^{2+} (>90%).

В типе выделяют 4 подтипа: слоистые примитивные, слоистые, собственно аллювиальные насыщенные, насыщенные остепняющиеся и пять родов: обычные, солонцеватые, засоленные, слитые, галечниковые. На виды подразделяются по мощности гумусо-

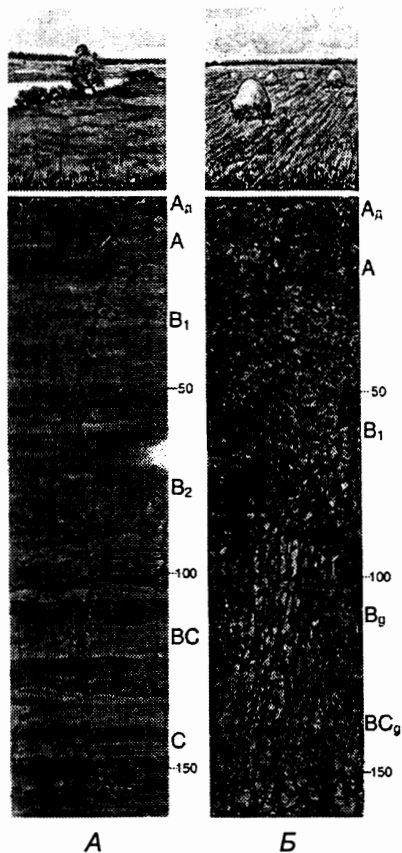


Рис. 31.3. Аллювиальная дерновая (А) и аллювиальная луговая (Б) почвы

вого слоя — сверхмощные (>120 см), мощные (80-120 см), средне-мощные (40-80 см), маломощные (20-40 см) и укороченные (<20 см); по содержанию гумуса — слабогумусные (<4%), малогумусные (4-7%), среднегумусные (7-9%) и высокогумусные (>9%).

Аллювиальные дерновые карбонатные (опустынивающиеся) формируются в полупустынной и пустынной зоне. Мощность гумусового горизонта до 20 см. Содержание гумуса обычно менее 2%. В любой части профиля могут обнаруживаться соли. Реакция среды щелочная. Карбонаты содержатся с поверхности и по всему профилю. Разделение на подтипы и роды аналогично аллювиальным дерновым насыщенным; на виды — по степени засоления и солонцеватости.

Аллювиальные луговые почвы. Почвы этой группы формируются преимущественно в центральной пойме, при атмосферно-грунтовым водном питании в меженный период, под разнотравно-злаковой луговой растительностью с мощной корневой системой. Большая роль в формировании этих почв принадлежит обогащенным органическим веществом и основаниями наилкам и биогенной аккумуляции веществ в верхних горизонтах почв.

Профиль аллювиальных луговых почв (рис. 31.3) состоит из следующих горизонтов:

A_d — плотная дернина, мощность до 5 см;

A — гумусовый горизонт, суглинистый или глинистый, с зернистой структурой, иногда слабо оглеен, мощность от 30 до 100 см и более;

B — переходный горизонт с пятнами оглеения;

G или B_g — глеевый горизонт разной степени оглеения;

C_g — слоистый аллювий, обычно оглеен.

В этой группе почв выделяются четыре типа: кислые, насыщенные, карбонатные и лугово-болотные — в соответствии с зональным положением и свойствами.

Аллювиальные луговые кислые формируются в таежно-лесной зоне. Мощность гумусового слоя — 30-50 см. Содержание гумуса — от 4 до 12%. В составе гумуса преобладают фульвокислоты. ЕКО — 20-30 мг-экв/100 г. В составе ППК — поглощенные Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ и Al^{3+} . Реакция среды кислая и слабокислая (pH_{KCl} 4-5).

Разделение на подтипы, роды и виды аналогично аллювиальным дерновым кислым. (Исключения: не выделяется подтип оподзоленные и род галечниковые; выделяется род — ожелезненные).

Аллювиальные луговые насыщенные почвы формируются преимущественно в лесостепной и степной зонах, но встречаются и в таежно-лесной, в районах с широким распространением карбо-

натных пород. Мощность гумусового горизонта достигает 100 см и более. Содержание гумуса в верхней части профиля -- 4-14%. ЕКО — 30-60 мг-экв/100 г. ППК насыщен основаниями. Реакция среды нейтральная и близкая к нейтральной ($pH_{H_2O} > 6$).

Разделение на подтипы, роды и виды аналогично аллювиальным дерновым насыщенным. (Исключения: не выделяется подтип остепняющиеся и выделяется подтип — темноцветные формирующиеся в понижениях и имеющие признаки оглеения по всему профилю).

Аллювиальные луговые карбонатные почвы формируются в полупустынной и пустынной зонах. Характеризуются карбонатностью всего профиля и наличием признаков оглеения в средней и нижней частях профиля. Мощность гумусового горизонта — в пределах 20 см, содержание гумуса — 1-2%.

Разделение на подтипы, роды и виды аналогично аллювиальным дерновым карбонатным.

Аллювиальные лугово-болотные почвы формируются при длительном поверхностном и постоянном грунтовом переувлажнении. Они являются переходными между аллювиальными луговыми и аллювиальными болотными почвами. С поверхности выделяется оторфованный гумусовый оглеенный горизонт, затем — переходный гумусированный оглеенный и лежащие под ним минеральные глеевые горизонты.

Аллювиальные болотные почвы. Почвы этой группы формируются в притеррасной пойме, при постоянном переувлажнении, в подзоне южной тайги и лесостепи — под осоково-тростниковой растительностью с примесью крупного разнотравья и зарослями черной ольхи. Разделяются на два типа: иловато-перегнойно-глеевые и иловато-торфяные. Почвы всегда сильно заилены, профиль типичен для болотных: $A_0T - (T) - G$. Аллювиальные болотные торфяные и торфяно-глеевые почвы относятся к низинному эутотрофному типу. Они имеют повышенную зольность, близкую к нейтральной реакцию среды, повышенное содержание оснований и элементов питания для растений.

31.3. Сельскохозяйственное использование

Из всего разнообразия пойменных почв наиболее плодородными являются аллювиальные луговые центральной поймы. Урожай сена естественных трав здесь достигает 30-40 ц/га и более. Плодородие аллювиальных луговых почв, как правило, выше по

сравнению с зональными почвами водоразделов благодаря лучшему обеспечению влагой и элементами питания и лучшей структуре. Поэтому их используют, в первую очередь, под наиболее требовательные к условиям питания и увлажнения культуры: овощные, плодово-ягодные, кормовые и др.

Песчаные и супесчаные аллювиальные дерновые почвы прирусловой поймы обладают низким естественным плодородием и как правило, распахке не подлежат. Заболоченные и болотные почвы поймы требуют коренных мелиораций и после осушения их используют для выращивания овощных и кормовых культур.

При использовании пойменных почв под сенокосы и пастбища проводят их улучшение путем проведения мелиоративных, культур-технических и агротехнических мероприятий: осушение заболоченных участков, удаление кочек и кустарников, подсев трав, внесение удобрений, регулирование выпаса скота.

Для оценки возможностей использования пойменных почв В.И.Шраг предложил следующую градацию по продолжительности поемного периода.

Короткая поемность — срок затопления до 7 дней. Возможно возделывание большинства культур, принятых для данной зоны.

Средняя поемность — срок затопления от 7 до 15 дней. Исключается возделывание озимых культур. Возможно выращивание плодовых насаждений.

Продолжительная поемность — от 15 до 30 дней. Исключается возделывание всех полевых сельскохозяйственных культур и плодовых. Можно выращивать влагоустойчивые травы.

Очень продолжительная поемность — срок затопления более 30 дней способствует заболачиванию территории. Необходимы мероприятия по сокращению срока затопления.

Глава 32. Горные почвы

Горные почвы занимают большие площади на территории России в горных системах Кавказа, Урала, Восточной и Южной Сибири, Дальнего Востока и Камчатки. Формирование и распределение почв в горных областях подчиняется закону вертикальной зональности, установленному В.В.Докучаевым. Этот закон гласит, что в горных системах основные типы почв расположены в виде высотных поясов (зон), последовательно сменяющих друг друга от подножья гор к вершинам, в соответствии с изменением кли-

мата и растительности, аналогично смене широтных почвенных зон на равнинах, с целым рядом характерных особенностей, связанных с условиями почвообразования.

32.1. Особенности условий почвообразования

Климат горных территорий закономерно изменяется с высотой местности. Установлено, что по мере поднятия на каждые 100 м средняя температура воздуха снижается на $0,5^{\circ}\text{C}$, а влажность (до определенной высоты) увеличивается. Возрастает с увеличением высоты суммарная солнечная радиация, при этом доля прямой радиации возрастает, а рассеянной уменьшается. С высотой местности понижается атмосферное давление.

Горные системы оказывают влияние на формирование воздушных масс, а через них — на климат. Высота горной системы, экспозиция склонов также влияют на климат. Склоны южной экспозиции получают больше тепла, на них происходит более интенсивное таяние снега, сильнее проявляются процессы денудации. Высота и расположение горной системы по отношению к холодным и теплым ветрам оказывают влияние на перераспределение осадков.

Растительность горных территорий определяется обеспеченностью теплом и количеством осадков. Она изменяется с высотой, в соответствии с системой высотной поясности. Очень часто в южных горных системах предгорные степи сменяются широколиственными лесами, затем хвойными, выше которых располагаются пояса субальпийских и альпийских лугов. Последние сменяются субнивальным поясом, отличительной чертой которого является отсутствие сплошного растительного покрова. На вершинах горных систем расположен нивальный пояс, где отсутствует растительность и господствуют снежники, ледники и голые скалы (рис. 32.1).

Рельеф, по образному выражению В.В.Докучаева, является “вершителем почвенных судеб” в горах. Господствующими формами рельефа здесь являются склоны различной крутизны и экспозиции, определяющие климатические особенности, растительность и почвенный покров. В сельском хозяйстве в основном используются нагорные и межгорные равнины и долины с уклонами до $4-5^{\circ}$.

Почвообразующие породы в горах представлены продуктами выветривания (элювием и пролювием) магматических и древних (третичных) осадочных горных пород разнообразного состава. Это, в основном, элювиальные и транзитные коры выветривания. Аккумулятивные коры выветривания образуются только в меж-

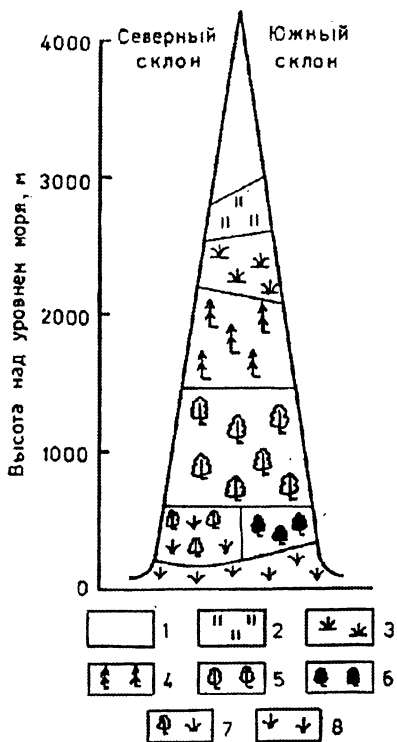


Рис. 32.1. Схема вертикальной поясности Западного Кавказа (по А.С.Владыченскому, 1988):

1 — нивальный пояс, примитивные почвы и липосоли; 2 — альпийский пояс, горно-луговые альпийские почвы; 3 — субальпийский пояс, горно-луговые субальпийские почвы; 4 — хвойно-лесной пояс, горные кислые грубогумусные буроземы; 5 — широколиственно-лесной пояс, горные буроземы; 6 — субтропический сухо-лесной пояс, коричневые почвы; 7 — лесостепной пояс, серые лесные почвы; 8 — степной пояс, черноземы.

Протяженность вертикальных поясов в горах значительно меньше по сравнению с протяженностью горизонтальных почвенных зон на равнинах. Поэтому здесь больше сказывается взаимовлияние факторов почвообразования соседних вертикальных по-

горных котловинах, долинах и впадинах, в нижних частях склонов горных систем.

На маломощных элювиальных корах выветривания почвообразование протекает совместно с выветриванием в пределах небольшой толщи. Скелетность и небольшая мощность рыхлых отложений, подстилаемых часто в пределах почвенного профиля плотными коренными породами, являются характерными особенностями почвообразующих пород в горах.

Нарушения вертикальной поясности, связанные с местными условиями проявления различных факторов почвообразования (рельефа, климата, растительности), получили название инверсии, миграции и интерференции вертикальных почвенных поясов.

Инверсия почвенных поясов — это обратное их залегание. Например, серые лесные почвы с высотой сменяются горными черноземами.

Миграция — вклинивание одного пояса в другой.

Интерференция — выпадение отдельных поясов. Например, горные черноземы с высотой сменяются горными подзолистыми почвами, а горные серые лесные в системе поясности отсутствуют.

ясов, которое проявляется в миграции веществ с поверхностным и внутрипочвенным стоком, взаимовлияние климатических условий, миграции отдельных видов растений и др.

Характер высотной поясности, количество и состав вертикальных поясов зависят от высоты и положения горной страны в системе широтной зональности, а также от сухости и континентальности климата. Чем южнее горная система в северном полушарии и чем больше ее высота, тем больше набор вертикальных поясов. Нижний пояс горной системы представлен зональным типом почв той зоны, в которой находится горная система.

32.2. Генетические особенности, систематика и свойства горных почв

Для горного почвообразования в условиях элювиальных и транзитных ландшафтов характерен отрицательный баланс веществ, обусловленный процессами денудации. Постоянный снос продуктов почвообразования приводит к омоложению почв и вовлечению новых слоев почвообразующих пород в почвообразование.

Характерной особенностью горных почв является небольшая мощность, щебнистость и плохая сортированность материала в пределах всего почвенного профиля, наличие в пределах почвенного профиля плотных коренных пород (рис. 32.2). Все это приводит к тому, что почва наследует многие свойства почвообразующих пород. Горные почвы обогащены первичными минералами, доля вторичных минералов в них невелика. Они характеризуются значительно меньшей мощностью гумусового горизонта по сравнению с аналогичными почвами равнинных территорий и, зачастую, более высоким содержанием гумуса.

В соответствии с принятой классификацией 1977 г., как самостоятельные типы выделены только те горные почвы, которые не встречаются на равнинах, а именно: горно-луговые, горно-луговые черноземовидные и горные лугово-степные. Все остальные почвы, встречающиеся на равнинах и в горных условиях, описаны в качестве единых типов. Соответственно, их систематика ведется на основании единых номенклатурных схем и диагностических признаков. По условиям рельефа и возможностям использования горные почвы разделены на три группы:

- горно-склоновые — формируются на склонах крутизной более 10° ; к названию типа добавляется слово “горные” (например, каштановые горные);

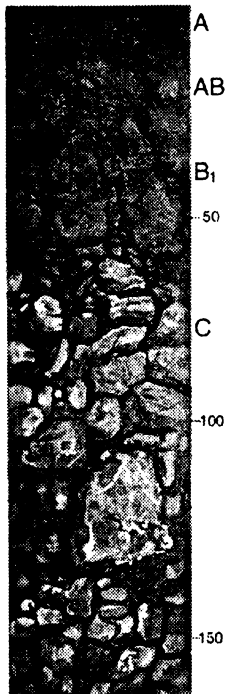


Рис. 32.2. Горная каштановая почва

– нагорно-равнинные — формируются на склонах крутизной менее 10° , нередко используются в земледелии; в название добавляется термин “нагорно-равнинные” (например, черноземы выщелоченные нагорно-равнинные);

– межгорно-равнинные и горно-долинные — формируются на склонах крутизной не более $4-5^\circ$; к основному названию добавляется термин “межгорно-равнинные” (например, темно-каштановые межгорно-равнинные).

Среди горных почв широко распространены различные каменистые, которые дифференцируются:

1) по степени каменистости на поверхности почвы (% покрытия камнями размером не менее 5 см) — поверхностно-слабокаменистые (>10), поверхностно-среднекаменистые (10-20), поверхностно-сильнокаменистые (20-40), поверхностно очень сильнокаменистые (>40);

2) по содержанию камней в пахотном слое ($\text{м}^3/\text{га}$ в слое 0-30 см): некаменистые (<5), слабокаменистые (5-20), среднекаменистые (20-50), сильнокаменистые (50-100), очень сильно каменистые (>100);

3) по глубине проявления каменистости (в см): поверхностно-каменистые (0-30 см), неглубокаменистые (30-50), глубококаменистые (50-100).

Горно-луговые почвы формируются в высокогорьях под среднетравными субальпийскими и низкотравными альпийскими лугами

в условиях холодного и влажного климата при большом количестве осадков (1000-1500 мм, КУ 2-3) и промывном водном режиме.

Горно-луговые почвы имеют слабодифференцированный профиль мощностью 60-70 см, подстилаемый коренной породой. С поверхности выделяется слой оторфованной дернины мощностью до 10 см, ниже залегает гумусовый горизонт А (10-20 см), затем переходный — В, почвообразующая порода — С и подстилающая коренная порода — Д.

Содержание гумуса в гумусовом горизонте — 10-15%, в составе гумуса преобладают фульвокислоты. ЕКО — 15-30 мг-экв/100 г. В составе поглощенных катионов: Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ и Al^{3+} . Реакция среды — кислая (pH_{KCl} 4-5). Очень высокая гидролитическая кислотность — 10-20 мг-экв/100 г.

Горные лугово-степные почвы. В отличие от горно-луговых они формируются в более засушливом лугово-степном поясе в условиях периодически промывного водного режима. Мощность почвенного профиля — 60-70 см. Горные лугово-степные почвы отличаются от горно-луговых отсутствием оторфовывания в дернине, менее кислой реакцией среды (pH_{KCl} 5-7). Содержание гумуса в гумусовом слое 10-20%. В составе гумуса преобладают фульвокислоты, но доля гуминовых кислот выше, чем в горно-луговых. ЕКО составляет 30-35 мг-экв/100 г. В составе ППК — Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ и Al^{3+} .

Горно-луговые черноземовидные почвы формируются в таких же условиях, как и горные лугово-степные, но на карбонатных породах. Поэтому они содержат больше гумуса (20-25%), в составе которого преобладают гуминовые кислоты, имеют очень высокую ЕКО — до 80 мг-экв/100 г, высокую степень насыщенности основаниями, нейтральную и слабокислую реакцию среды.

Горные черно-коричневые почвы детально описаны в последние годы А.С.Владыченским (1998). Они формируются в поясе орехово-плодных лесов юго-западного Тянь-Шаня. Аналогичные почвы встречаются на Кавказе и в горах Сихотэ-Алиня, не имеют аналогов на равнинах. Черно-коричневые почвы формируются в диапазоне высот 1500-2000 м, в условиях субтропического климата. Количество осадков — 600-1000 мм, КУ — 0,9. Почвообразующие породы — лессы с высоким содержанием карбонатов. Рельеф характеризуется сглаженными формами. Черно-коричневые почвы имеют мощный почвенный профиль. Мощность гумусового горизонта — более 100 см. Содержание гумуса достигает 25% в верхней части профиля и 5% — на глубине 100 см. В составе гумуса преобладают гуминовые кислоты, отношение $\text{C}_{\text{ГК}}:\text{C}_{\text{ФК}}$ — 1,3-2,8. Реакция среды — нейтральная. По запасам гумуса эти почвы превосходят высокогумусированные черноземы равнинных областей.

32.3. Сельскохозяйственное использование горных почв

Земледелие в горах ограничено условиями рельефа. Под пашню можно использовать склоны крутизной до 10° , с проведением противоэрозионных мероприятий. На более крутых склонах применяют террасирование. Террасирование — очень дорогостоящее мероприятие, поэтому его применяют только в условиях теплого климата при выращивании ценных культур (чай, виноградники, плодовые культуры). Наиболее интенсивно используются под пашню межгорно-равнинные почвы, формирующиеся в условиях теплого климата. В таких условиях выращивают наиболее полный набор сельскохозяйственных культур. Мероприятия по использованию таких почв аналогичны соответствующим зональным почвам равнинных территорий.

Высокогорные луга и степи используются как пастбища и сенокосы. Превалирующая отрасль сельского хозяйства — овцеводство. Нормирование выпаса — необходимое условие сохранения плодородия и защиты почв от эрозии.

Преобладающие площади горных почв России заняты лесами. Они имеют большое природоохранное и почвозащитное значение. Необходимо осуществлять охрану лесов от пожаров и нормировать вырубку, проводить постоянный уход за насаждениями.

Глава 33. Почвы аридных субтропических областей (полупустыни и пустыни)

Почвы полупустынной и пустынной зон занимают большие площади в Средней Азии, на Ближнем Востоке, в Центральной Азии, в Северной Африке и Южной Америке, в Австралии. Почвенный покров представлен бурыми и красновато-бурыми пустынно-степными, сероземами, серо-бурыми пустынными почвами, такырами, солончаками, песками и др. Бурые пустынно-степные почвы, распространенные на территории России, были рассмотрены в главе 29 вместе с каштановыми почвами. В этой главе будут рассмотрены аридные почвы зарубежных стран, не встречающиеся на территории России.

метрическому составу. Преобладающая часть почвообразующих пород содержит карбонаты.

Генезис, строение, состав и свойства. Почвообразование протекает в обогащенных основаниями условиях при непромывном типе водного режима. Основной процесс формирования почв — дерновый в сочетании с внутрипочвенным оглиниванием. Строение почвенного профиля описываемых почв следующее: А — гумусовый горизонт мощностью 20-30 см; АВ — переходный гумусовый мощностью 15-20 см, В — метаморфический горизонт с признаками оглинивания; $V_{км}$ — метаморфический иллювиальный карбонатный горизонт, ниже которого залегают BC_k и карбонатная почвообразующая порода (C_k).

Содержание гумуса составляет от 2-4% в серо-коричневых почвах до 4-7% в коричневых. В составе гумуса преобладают гуминовые кислоты, отношение $C_{ГК} : C_{ФК}$ — 1,5-2,0. ЕКО 25-40 мг-экв/100 г. В составе ППК преобладают катионы кальция и магния с участием натрия. Реакция среды нейтральная и слабощелочная.

Особенности использования. Коричневые и серо-коричневые почвы используются под многие культуры, в основном при орошении. Широко распространены виноградники, плантации цитрусовых, кофе, другие плодовые культуры. Орошение, противоэрозионные мероприятия и удобрение занимают ведущее место в системах земледелия на этих почвах.

34.2. Черные монтмориллонитовые слитые почвы (вертисоли)

Вертисоли описаны во многих странах мира под разными названиями: “регуры” — в Индии, “фирки” и “влей” в восточной Африке, “смолницы” — в Болгарии и др. Они формируются на плоских слаборасчлененных равнинах или в депрессиях, чаще в гидроморфных и полугидроморфных условиях. Необходимое условие формирования этих почв — смена сухих и влажных периодов.

Вертисоли — это темноцветные глинистые (преимущественно монтмориллонитовые) насыщенные слитые почвы переменного влажных тропиков и субтропиков. Они имеют с поверхности гумусовый горизонт А, обладающий свойством самомульчирования (в сухие периоды приобретает комковато-зернистую или ореховатую структуру, во влажные — становится слитым, очень прочным). Ниже следует горизонт АВ, переходный гумусовый, метаморфи-

ющую систему генетических горизонтов: А — АВ — В_к — ВС_к — С_к. Для них характерны: слабая дифференциация профиля, растянутость гумусового профиля при невысоком содержании гумуса; карбонатность всего профиля, наличие капролитов и следов деятельности землероев до 1 м и глубже.

В соответствии с классификацией 1977 г., сероземы делятся на три подтипа: светлые, типичные и темные. Светлые — наиболее аридный тип; темные — наименее аридный. Содержание гумуса в гумусовом слое варьирует от 1-1,5% у светлых до 3,5-4,0% у темных сероземов; в составе гумуса преобладают фульвокислоты. ЕКО у светлых сероземов около 10 мг-экв, у темных — до 20 мг-экв/100 г. В составе поглощенных катионов — Ca²⁺, Mg²⁺ и 3-5% Na⁺ и K⁺, причем часто калий преобладает над натрием. Реакция среды нейтральная и слабощелочная. Водорастворимые соли и гипс чаще залегают глубже 1,5-2 м. Для сероземов характерна высокая пористость, пониженная плотность, хорошо выраженная микроструктура.

На уровне отдельных типов выделены лугово-сероземные почвы — полугидроморфные аналоги сероземов — и орошаемые сероземы.

Среди последних выделяются староорошаемые сероземы. Орошение — важнейшее условие земледелия на сероземах. Поэтому орошение здесь возникло с древних времен. На орошаемых землях возделывают большой набор сельскохозяйственных культур — от зерновых до бахчевых и винограда. Хлопководство — наиболее важное направление сельского хозяйства.

Основные мероприятия при сельскохозяйственном использовании сероземов: нормированное орошение, внесение органических и минеральных удобрений, обогащение почв органическим веществом за счет люцерновых севооборотов и сидератов, предупреждение ирригационной эрозии и дефляции.

33.3. Серо-бурые пустынные почвы

Серо-бурые пустынные почвы распространены в Средней и Центральной Азии. Это супесчаные, легко- и среднесуглинистые почвы. Слабое промачивание ограничивает почвообразование и накопление его продуктов, в том числе водорастворимых солей, карбонатов и гипса в верхнем 50 см слое. С поверхности у серо-бурых пустынных почв выделяется корковый горизонт мощностью 2-3 см. За ним следует слоеватый подкорковый горизонт мощнос-

тью 3-5 см, далее — переходный карбонатный — V_k мощностью 10-25 см, часто с белоглазкой, и ниже — $BC_{ГС}$ и $C_{ГС}$, содержащие водорастворимые соли и гипс.

Содержание гумуса низкое (до 1%), в его составе преобладают фульвокислоты. ЕКО — около 5-10 мг-экв/100 г. В составе поглощенных катионов — Ca^{2+} , Mg^{2+} , иногда Na^+ . Реакция среды щелочная (рН 8-8,5).

Зона пустынь является базой пастбищного животноводства. Орошение позволяет получать высокие урожаи теплолюбивых культур, но оно ограничивается отсутствием источников воды.

33.4. Такыры и такыровидные почвы

Такыры — это глинистые почвы пустынь. Они широко распространены в пустынях Азии, Северной Америки и Австралии. Поверхность такыров лишена растительности и разделена сетью трещин на многочисленные полигональные отдельности. Они формируются в понижениях, пятнами среди песков. Обладая плохой водопроницаемостью, даже при небольшом количестве осадков поверхность такыров ежегодно покрывается водой. В формировании такыров большая роль принадлежит водорослям, главным образом сине-зеленым и диатомовым, и лишайникам, образующим на поверхности пленку толщиной 2-5 мм. Активный почвообразовательный процесс протекает в верхней 50-см толще. С поверхности они имеют корковый горизонт мощностью 1-8 см, ниже — чешуйчатый карбонатный мощностью 5-7 см, глубже — бесструктурные, содержащие водорастворимые соли и гипс горизонты В и С.

Содержание гумуса не превышает 1%. В составе гумуса преобладают фульвокислоты. ЕКО — 5-10 мг-экв/100 г. Поглощенные основания представлены Ca^{2+} , Mg^{2+} и Na^+ . Содержание обменного Na часто превышает 20% от ЕКО. Реакция среды сильнощелочная (рН 8-10). Преобладает сульфатно-хлоридно-натриевый тип засоления. Такыры обладают повышенной вязкостью и плотностью (1,4-1,7 г/см³), низкой порозностью (30-40%). Неудовлетворительные физико-химические и физические свойства обуславливают низкое плодородие этих почв. При орошении они нуждаются в коренном улучшении.

Глава 34. Почвы переменного-влажных ксерофитно-лесных и саванных субтропических и тропических областей

В переменного-влажных ксерофитно-лесных и саванных субтропических и тропических областях распространены коричневые, серо- и красно-коричневые, черные монтмориллонитовые слитые (вертисоли), красные и красно-бурые почвы саванн.

В России из перечисленных почв встречаются серо-коричневые и коричневые на Северном Кавказе и черные слитые (описаны Э.А.Корнблюмом (1965) в Волго-Ахтубинской пойме. За пределами России эти почвы распространены на всех континентах, в том числе в республиках Закавказья и в Крыму.

34.1. Коричневые, красно-коричневые и серо-коричневые почвы

Климат. Эти почвы приурочены к областям со средиземноморским типом климата, для которого характерно сухое жаркое лето и влажная теплая зима с очень непродолжительным снеговым покровом или совсем без него. Сумма активных температур составляет более 4000°C. Количество осадков 220-600 мм. КУ — 0,4-0,6. Серо-коричневые почвы формируются в более засушливых условиях по сравнению с красно-коричневыми и коричневыми.

Растительность. Серо-коричневые почвы образуются под сухостепной растительностью. Она представлена полынно-эфемерово-злаковыми ассоциациями и зарослями колючих кустарников. Коричневые почвы формируются под сухими лесами, представленными дубом, грабом, грецким орехом, можжевельником, миндалем и др. В системе вертикальной зональности коричневые почвы занимают переходный ряд между серо-коричневыми и бурыми лесными. Красно-коричневые почвы формируются под сухими травянистыми саваннами с участием ксерофитных лесов и кустарников.

Количество опада составляет от 5 до 10 т/га, в его составе много оснований и азота. Для почв этой группы характерна высокая биологическая активность и интенсивная переработка опада.

Рельеф и почвообразующие породы. Это почвы равнин, предгорий и низкогорий. Почвообразующие породы представлены пролювиальными, элювиально-делювиальными, аллювиальными отложениями, разнообразными по минералогическому и грануло-

метрическому составу. Преобладающая часть почвообразующих пород содержит карбонаты.

Генезис, строение, состав и свойства. Почвообразование протекает в обогащенных основаниями условиях при непромывном типе водного режима. Основной процесс формирования почв — дерновый в сочетании с внутрипочвенным оглиниванием. Строение почвенного профиля описываемых почв следующее: А — гумусовый горизонт мощностью 20-30 см; АВ — переходный гумусовый мощностью 15-20 см, В — метаморфический горизонт с признаками оглинивания; V_{KM} — метаморфический иллювиальный карбонатный горизонт, ниже которого залегают BC_K и карбонатная почвообразующая порода (C_K).

Содержание гумуса составляет от 2-4% в серо-коричневых почвах до 4-7% в коричневых. В составе гумуса преобладают гуминовые кислоты, отношение $C_{ГК} : C_{ФК}$ — 1,5-2,0. ЕКО 25-40 мг-экв/100 г. В составе ППК преобладают катионы кальция и магния с участием натрия. Реакция среды нейтральная и слабощелочная.

Особенности использования. Коричневые и серо-коричневые почвы используются под многие культуры, в основном при орошении. Широко распространены виноградники, плантации цитрусовых, кофе, другие плодовые культуры. Орошение, противоэрозионные мероприятия и удобрение занимают ведущее место в системах земледелия на этих почвах.

34.2. Черные монтмориллонитовые слитые почвы (вертисоли)

Вертисоли описаны во многих странах мира под разными названиями: “регуры” — в Индии, “фирки” и “влей” в восточной Африке, “смолницы” — в Болгарии и др. Они формируются на плоских слаборасчлененных равнинах или в депрессиях, чаще в гидроморфных и полугидроморфных условиях. Необходимое условие формирования этих почв — смена сухих и влажных периодов.

Вертисоли — это темноцветные глинистые (преимущественно монтмориллонитовые) насыщенные слитые почвы переменного влажных тропиков и субтропиков. Они имеют с поверхности гумусовый горизонт А, обладающий свойством самомульчирования (в сухие периоды приобретает комковато-зернистую или ореховатую структуру, во влажные — становится слитым, очень прочным). Ниже следует горизонт АВ, переходный гумусовый, метаморфи-

ческий, иногда содержащий карбонаты; под ним — карбонатный метаморфический В и почвообразующая порода С — монтмориллонитовая кора выветривания.

Для вертисолей характерно низкое содержание гумуса (1-3%) и постепенное его убывание с глубиной. В составе гумуса преобладают гумины и гуминовые кислоты. Темный цвет обусловлен гумусово-монтмориллонитовыми соединениями. ЕКО — 40-60 мг-экв/100 г. В составе поглощенных оснований кроме кальция много магния, а в солонцеватых — натрия. Реакция среды щелочная (рН 7,5-8,5). Максимум карбонатов приурочен к нижней части профиля.

Вертисоли — плодородные почвы. Их используют под зерновые, хлопчатник, сахарный тростник и другие культуры.

34.3. Красные и красно-бурые почвы саванн и сухих тропических редколесий

Эти почвы формируются в регионах с продолжительностью сухого сезона 6-7 мес. и годовой суммой осадков 800-1200 мм. КУ во влажный сезон — 0,6-0,8, в сухой — 0,3-0,4. Количество опада составляет 8-10 т/га. Органическое вещество интенсивно минерализуется и не накапливается в профиле почв. Красные и красно-бурые почвы имеют выраженную дифференциацию ила и оксидов железа в профиле по элювиально-иллювиальному типу, связанному с внутрпочвенным оглиниванием и возможной миграцией во влажные периоды. Содержание гумуса — 1,5-2%, постепенно убывает в профиле с глубиной. В составе гумуса преобладают фульвокислоты. В составе глинистых минералов около одной трети приходится на каолинит, что позволяет относить их к группе феррсиаллитных почв, переходных между сиаллитными почвами умеренных широт и ферраллитными — субтропических и тропических областей. Красный цвет этих почв, по мнению М.А.Глазовской, обусловлен не столько большим содержанием дегидратированных оксидов железа, сколько их высокой дисперсностью и способностью покрывать тонкими пленками зерна первичных минералов. Они имеют невысокую ЕКО (10-12 мг-экв/100 г), с поверхности — слабокислую, а в нижних горизонтах — слабощелочную реакцию среды. Карбонаты выщелочены на глубину 100-120 см. Большие площади красных и красно-бурых почв используются как пастбища. На освоенных почвах выращивают арахис, кукурузу, хлопчатник. Они в сильной степени подвержены процессам эрозии и антропогенному опустыниванию.

Глава 35. Фульватно-ферраллитные почвы влажных лесных субтропических и тропических областей

Фульватно-ферраллитные почвы формируются под влажными субтропическими и тропическими лесами на феррсиаллитных и аллитных корах выветривания, в условиях промывного водного режима. Они распространены на всех континентах. В группу фульватно-ферраллитных почв М.А.Глазовская объединяет красноземы и желтоземы влажных субтропических лесов, красные, красно-желтые и желтые ферраллитные почвы влажных тропических лесов.

Климат. Фульватно-ферраллитные почвы формируются в условиях влажного и теплого климата. Количество осадков составляет более 1500-2000 мм в год. Сумма активных температур — более 4000-8000°C. КУ 7-8 мес. в году составляет 1-2, а в остальные — не опускается ниже 0,6. Температура почвы в зимние месяцы не ниже 8-10°C.

Растительность. Тропические и субтропические влажные леса характеризуются большой емкостью биологического круговорота веществ, большим видовым разнообразием, многоярусностью. Количество ежегодного опада — 20-25 т/га. В составе опада 700-1000 кг/га зольных элементов и азота.

Почвообразующие породы. Фульватно-ферраллитные почвы формируются на феррсиаллитных и аллитных корах выветривания, бедных основаниями, обогащенных полуторными оксидами и глинистыми минералами каолинит-галуазитовой группы, в условиях хорошего дренажа.

Ферраллитизация — стадия выветривания массивных пород или наносов, сопровождающаяся распадом большей части первичных минералов (за исключением кварца) и образованием вторичных минералов группы каолинита и галуазита с низким отношением $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (меньше 2). Продукты выветривания — Ca, Mg, K, Na и значительная часть SiO_2 — выносятся за пределы коры выветривания, а гидраты оксидов железа и алюминия в окислительной среде, обедненной органическим веществом, малоподвижны и накапливаются в больших количествах (40-60% и более). Гидроксиды железа накапливаются в форме гетита и гематита и прокрашивают массу почвы в охристо-желтый или красный цвет.

Феррсиаллитизация — стадия, предшествующая ферралли-

тизации. Отношение $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ равно 2-3.

Строение профиля и свойства. С поверхности фульватно-ферраллитные почвы имеют маломощную лесную подстилку A_0 , ниже следует гумусовый горизонт серой или коричневатой окраски мощностью 20-35 см. Под ним залегает метаморфический (иногда иллювиальный) горизонт В буровато-желтого или красно-бурого цвета. Почвообразующая порода выделяется с глубины 150-200 см.

Окраска почв зависит от характера почвообразующих пород. На основных породах почвы темно-красного цвета и хорошо структурированы, на кислых породах — красно-желтые с менее выраженной структурой. Иногда при недостатке оснований во влажных субтропиках и тропиках может проявляться процесс оподзоливания, вызывающий элювиально-иллювиальную дифференциацию почвенного профиля.

Содержание гумуса в верхней части гумусового слоя может достигать 10%, на глубине 10-15 см — 2-3%. В пахотном слое освоенных почв содержание гумуса — 2,5-3,0%. В составе гумуса преобладают фульвокислоты. Отношение $\text{C}_{\text{гк}}:\text{C}_{\text{фк}}$ — 0,5-0,6. ЕКО — 10-15 мг-экв/100 г. В составе поглощенных катионов преобладают Al^{3+} и H^+ . Реакция среды кислая (pH_{KCl} 4-5). В валовом составе почв преобладают оксиды железа и алюминия, в почвах с красной окраской, и оксиды кремния — в почвах с желтой окраской.

Сельскохозяйственное использование. Природные условия влажных тропических и субтропических областей позволяют выращивать большой перечень сельскохозяйственных культур и получать два-три урожая в год. Здесь выращивают сахарный тростник, кукурузу, рис, цитрусовые, эфиромасличные, наиболее ценные сорта чая и другие культуры.

Основные мероприятия: борьба с эрозией, внесение органических и минеральных удобрений, известкование, мероприятия, направленные на снижение почвоутomления при монокультуре.

Глава 36. Тепличные грунты, их состав и свойства

36.1. Требования тепличных культур к субстратам

Тепличные культуры (овощные, цветочные, рассада для открытого грунта) предъявляют повышенные требования к почвенным условиям и, прежде всего, к обеспеченности элементами питания, водой и воздухом, в связи с тем, что они получают гораздо больше тепла, а при искусственном освещении — и света, по сравнению с культурами открытого грунта. Тепло и свет в теплицах промышленного типа, как правило, не являются лимитирующими факторами величины урожая, поэтому свойства тепличных почв должны отвечать улучшенным условиям тепло- и светообеспеченности. Тепличные почвы должны быть рыхлыми, хорошо аэрируемыми, влагоемкими, обладать повышенной емкостью катионного обмена, способностью противостоять развитию возбудителей болезней и вредителей. В то же время длительное, интенсивное, бесменное использование тепличных грунтов требует устойчивости перечисленных свойств во времени.

Тепличные грунты, по сравнению с естественными почвами, подвергаются гораздо более высоким нагрузкам, которые приводят к ухудшению их свойств. Частые обработки и высокие нормы полива (до 1000-1500 л/м² в год) приводят к разрушению структурных агрегатов, распылению и уплотнению, уменьшению пористости аэрации и проявлению глеевого процесса. Высокие нормы минеральных удобрений (до 10 кг/м²) — на 1-2 порядка выше по сравнению с теми, которые вносят в естественные почвы, — приводят к накоплению избыточного количества солей и нарушению сбалансированного питания. Большие дозы органических удобрений и азота вызывают накопление нитратов как в грунтах, так и в урожае. Наконец, мероприятия по борьбе с возбудителями болезней и вредителями (пропаривание, обработка химическими препаратами) нарушают биологическое равновесие в субстратах. Перечисленные негативные явления, возникающие в процессе использования тепличных почв, усложняют мероприятия по оптимизации состава и свойств субстратов и вызывают необходимость постоянного контроля за их состоянием.

Естественные почвы, как правило, не удовлетворяют требованиям тепличных культур из-за высокой плотности, недостаточ-

ной пористости и пониженной устойчивости к технологическим нагрузкам, возникающим в процессе их эксплуатации в защищенном грунте. После соответствующего улучшения естественные почвы используются в пленочных теплицах, не требующих больших затрат на строительство и оборудование обогрева и дополнительного освещения. Грунты в таких теплицах используются менее интенсивно и в течение более короткого периода.

В наибольшей степени требованиям тепличных культур отвечают искусственные насыпные грунты, характеризующиеся следующими параметрами: мощность грунта 25-35 см; содержание органического вещества 20-30%; плотность 0,4-0,6 г/см³, пористость аэрации 20-30%; наименьшая (предельно-полевая) влагоемкость 50-60% от объема; водопроницаемость 5-10 мм/с; емкость катионного обмена 100-150 мг-экв на 100 г субстрата. При таких параметрах складываются наиболее оптимальные условия влагообеспеченности и аэрации и создается возможность регулирования физико-химических и агрохимических свойств грунтов. Проблема оптимизации осложняется тем, что требования отдельных культур к свойствам тепличных грунтов несколько различаются. Так, например, оптимальная плотность почвогрунтов для томата 0,6-0,8 г/см³, а для огурца 0,4-0,6 г/см³. Огурец нуждается в повышенной влажности, а томаты в лучшей аэрации почвогрунта. Различия в требованиях устраняются путем регулирования ряда параметров в процессе выращивания той или иной культуры.

36.2. Группировки тепличных грунтов по составу и свойствам

Насыпные грунты представляют собой смеси различных компонентов (торф, навозный компост, гумусовые горизонты зональных почв и др.), составленные в соотношениях, которые в наибольшей степени обеспечивают оптимальные свойства субстратов. В зависимости от соотношения и вида смешиваемых материалов они подразделяются на три типа:

- органические, имеют в основе один или несколько компонентов (торф; древесные отходы- опилки, кора, лигнин; солома, вермикомпост и др.);
- органо-минеральные, представляющие собой смесь торфа с навозным компостом (перегноем) и с гумусовыми горизонтами естественных почв;
- минеральные, имеют в основе гумусовые горизонты есте-

ственных почв с добавлением небольшого количества местных органических материалов и перепревшего навоза. К минеральным грунтам относятся также грунты на основе цеолита, песка, гравия, перлита, минеральной ваты, ионообменных смол и др. Наиболее оптимальные параметры каждого типа грунта представлены в таблице 36.1.

Органические грунты обладают рядом недостатков, препятствующих их длительному использованию. В процессе использования они интенсивно разлагаются и подвергаются минерализации. Это приводит к распылению, слеживанию и ухудшению, в конечном итоге, физических свойств и водно-воздушного режима.

Минеральные грунты на основе гумусовых горизонтов естественных почв характеризуются повышенной плотностью, пониженной влагоемкостью, низкой емкостью катионного обмена. Они, в основном, распространены в южных регионах России.

Органо-минеральные грунты готовятся на основе торфа, гумусовых горизонтов зональных почв и перегноя. Основная часть минерального компонента представлена гумусовым горизонтом местных почв. Для этих целей лучше всего пригодны пойменные (аллювиальные) почвы легко- или среднесуглинистые.

Тепличные грунты также подразделяются по способам обогрева, дренирования и по длительности использования. В последней группировке выделяются: 1) ежегодно сменяемые; 2) свежие (2-4 года); 3) зрелые (4-8 лет); 4) длительного использования (8-12 лет); 5) бессменные (более 12 лет).

36.1. Состав и свойства тепличных грунтов (Гончарук Н.С. и др., 1981)

Тип грунта	Органические	Органо-минеральные	Минеральные
Состав грунта, % от объема	Торф 60-70, древесные отходы, навозный компост	Торф 50-60, гумусовые горизонты почв 10-30, навозный компост	Гумусовые горизонты почв 50-60, местные органические материалы 15-25, навозный компост 15-25
Содержание органического вещества, %	40-60	20-30	5-20
Плотность, г/см ³	0,2-0,4	0,3-0,6	0,6-1,0
Пористость общая, %	80-90	70-80	55-70
Пористость аэрации, %	25-30	20-25	20-25
ППВ, % объема	55-60	40-45	30-40
Соотношение фаз (тф:жф:гф)	1:6:3	1:3:2	1:1:1

Для оценки свойств тепличных грунтов разработаны специальные группировки по ряду показателей (табл. 36.2).

В таблице 36.3 приведена группировка тепличных грунтов по уровням обеспеченности основными элементами питания.

36.2. Группировка тепличных грунтов по свойствам (Гончарук Н.С. и др., 1981)

Показатель	Значение	Показатель	Значение
Мощность корнеобитаемого слоя, см		Пористость азрации, об. %	
Маломощные	менее 15	Неудовлетворительная	менее 10
Среднемощные	15...25	Удовлетворительная	10...20
Нормальные	25...35	Хорошая	20...30
Повышенной мощности	35...45	Повышенная	30...40
Высокой мощности	45...55	Высокая	более 40
Мощные	более 55		
Плотность, г/см ³		Общее содержание солей по удельной электропроводности, мSm/см	
Очень рыхлые	менее 0,2	Низкое	менее 0,5
Рыхлые	0,2...0,4	Умеренное	0,5...1,0
Нормальные	0,4...0,6	Нормальное	1,0...2,0
Слабopлотные	0,6...0,8	Повышенное	2,0...3,0
Среднеплотные	0,8...1,0	Высокое	более 3,0
Плотные	1,0...1,2		
Очень плотные	более 1,2	Общее содержание солей по плотному остатку, г/л	
Содержание органического вещества, %		Низкое	менее 0,8
Низкое	менее 10	Умеренное	0,8...1,5
Умеренное	10...20	Нормальное	1,5...3,0
Нормальное	20...30	Повышенное	3,0...4,0
Повышенное	30...40	Высокое	более 4,0
Высокое	40...60		
Очень высокое	более 60	Влажность, % от объема	
Реакция среды, рН (водная вытяжка)		Очень сухой	менее 20
Сильнокислая	менее 5,5	Сухой	20...30
Кислая	5,5...6,0	Средневлажный	30...40
Слабокислая	6,1...6,2	Нормальный	40...50
Нормальная	6,3...6,5	Повышенной влажности	50...60
Близкая к нейтральной	6,6...6,8	Влажный	60...70
Нейтральная	6,9...7,0	Сырой	более 70
Слабощелочная	7,1...7,2		
Щелочная	более 7,2		

36.3 Обеспеченность тепличных грунтов элементами питания (объемный метод, почва : вода 1 : 2; Гончарук Н.С. и др. 1981)

Уровень обеспеченности	Содержание элементов, мг/л			
	азот	фосфор	калий	магний
Низкий	менее 40	менее 5	менее 50	менее 20
Умеренный	40-80	5-10	50-110	20-50
Нормальный	80-130	10-15	110-170	50-70
Повышенный	130-170	15-20	170-220	70-100
Высокий	более 170	более 20	более 220	более 100

36.3. Характеристика компонентов тепличных субстратов

Торф. Наиболее распространенный компонент тепличных грунтов. Используются все виды торфа — верховой, низинный и переходный, слабо- и среднеразложившийся и с невысокой зольностью. Степень разложения должна быть не выше 35%, зольность — до 15%; плотность — в пределах 0,05-0,40 г/см³, общая пористость 80-90%; содержание валового железа — не более 6%, подвижного — не более 1% (переходящего в 0,2% раствор соляной кислоты). Не рекомендуется использовать для теплиц торф с повышенным содержанием извести и вивианита. Торф обладает высокой влагоемкостью (табл. 36.4), поэтому его количеством можно регулировать долю жидкой фазы в составе грунта. Он также обеспечивает высокую поглотительную способность по отношению к растворам солей и газов. Верховые торфа имеют более кислую реакцию среды (рН ниже 4,5) и содержат в своем составе меньше элементов питания. Для их нейтрализации требуется от 20 до 40 кг извести на 1 тонну, для низинных торфов — 10-20 кг/т.

Гумусовые горизонты почв. Для тепличных грунтов лучше использовать верхний слой пойменных (аллювиальных) легко- и среднесуглинистых почв. В отличие от глинистых они легко смешиваются с торфом и образуют близкое к оптимальному соотношение твердой, жидкой и газообразной фаз (1:3:2). Можно использовать также песчаные и супесчаные почвы, образующие, в отличие от суглинков, смеси, которые в процессе эксплуатации не переуплотняются и не образуют “плужной подошвы”.

Торфо-песчаные смеси имеют более низкую влагоемкость и требуют поэтому более частых поливов. У них хорошее соотношение твердой, жидкой и газообразной фаз (1:1:1) при смешивании трех частей торфа с одной частью песка или супеси. Внесение в

почвогрунты песка уменьшает долю жидкой фазы, поскольку он обладает низкой влагоемкостью и увеличивает долю твердой фазы в связи с повышенной плотностью (табл. 36.4.).

При отсутствии аллювиальных суглинков для приготовления тепличных грунтов можно использовать пахотный слой зональных плакорных почв соответствующего гранулометрического состава.

При выборе почв для тепличных грунтов необходимо обратить внимание на их агроэкологические свойства: структурное состояние, содержание гумуса, отсутствие водорастворимых солей, загрязнение тяжелыми металлами и др.

Компосты на основе навоза. Чаще всего используют навоз крупного рогатого скота. Его подвергают компостированию в буртах в течение 2-3 месяцев летом и до 6 месяцев зимой и применяют после прохождения температурной стадии и ферментации. При этом частично уничтожаются семена сорняков, а также возбудители ряда болезней и вредителей. Компосты на основе навоза являются высокоэффективными органическими удобрениями. В своем составе они содержат весь набор элементов питания

36.4. Свойства органических и минеральных компонентов тепличных субстратов

Компонент	Плотность, г/см ³	Пористость, % от объема	Наименьшая влагоемкость, % от объема	Полная влагоемкость, % от объема	Емкость катионного обмена, мг-экв/100 г субстрата
Органические					
Торф верховой	0,05-0,1	80-96	70-80	800-1500	100-120
Торф низинный	0,1-0,3	80-90	75-85	350-1000	150-200
Перегной	0,4-0,7	65-80	60-70	300-400	200-250
Вермикомпост	0,3-0,5	70-85	65-75	300-450	200-250
Гидролизный лигнин	0,18-0,20	80-90	70-80	400-500	100-150
Опилки	0,2-0,3	80-90	50-60	400-450	100-120
Солома-резка	0,1-0,2	85-95	-	200-300	-
Кора древесная	0,3-0,4	70-85	40-45	100-150	100-120
Минеральные					
Вермикулит	0,20	90	65	450	100-150
Перлит	0,25	90	50	360	-
Керамзит	0,60	80	25	130	-
Цеолит	1,0	60	40	60	50-130
Песок	1,6	34	5	23	1-3
Гумусовые горизонты	1,0-1,4	40-65	20-35	28-65	10-70

36.5. Характеристика органических компонентов тепличных грунтов

Компонент	рНН ₂ O	Содержание, % на абсолютно сухое вещество				
		зольность	азот общий	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Торф низинный	4,5-7,0	10-15	2,0-4,0	0,1-0,5	0,1-0,3	1,5-7,0
Торф переходный	3,0-5,0	5-10	1,5-3,5	0,1-0,3	0,1-0,2	0,5-2,0
Торф верховой	2,5-4,5	1,5-5,0	1,0-2,0	0,1-0,25	0,05-0,1	0,3-0,5
Навоз крупного рогатого скота	6,5-8,5	15-30	2,0-4,0	0,5-3,0	1,5-5,5	2,0-5,0
Помет птичий	6,5-8,5	30-50	4,0-8,0	3,0-7,0	2,0-4,0	2,0-8,0
Вермикомпост	6,5-7,5	40-60	2,0-4,0	1,5-2,5	1,2-2,5	5,0-8,0
Солома	6,5-7,0	4-7	0,5-0,8	0,1-0,2	1,0-1,6	0,3-0,4

(табл. 36.5.), включая микроэлементы, в соотношениях, благоприятных для сбалансированного питания.

Вермикомпосты. Вермикомпост (коммерческое название — “биогумус”) — продукт переработки различных видов навоза и органических отходов дождевыми червями. Существует много видов дождевых червей, способных перерабатывать органические отходы: навозный червь (*Eisenia foetida*), обыкновенный дождевой червь (*Lumbricus terrestris*), малый красный червь (*L.rubellus*) и др. (Покровская С.Ф., 1991).

Наибольшую популярность получил красный калифорнийский гибрид, выведенный селекционным путём на основе высокопродуктивной линии навозного червя в штате Калифорния (США) в пятидесятые годы прошлого столетия. Красный калифорнийский гибрид и близкие к нему штаммы получили широкое распространение в странах Западной и Восточной Европы, а с начала восьмидесятых годов и в России. В настоящее время имеется ряд крупных фирм по разведению культивируемых червей и производству вермикомпостов в Санкт-Петербурге, Твери, Москве, Владимире, Новосибирске, Самаре и других городах и их окрестностях. Есть все основания полагать, что существует целый ряд штаммов культивируемых червей, свойства которых близки к свойствам красного калифорнийского гибрида. В отличие от обычных дождевых червей культивируемые черви дольше живут (до 16 лет) и быстрее размножаются. При соблюдении технологии численность популяции может удваиваться в течение месяца. Один взрослый червь может давать до 1500 особей в год.

В качестве корма используются ферментированные органические отходы и различные виды навоза. Большинство зарубежных тех-

нологий предусматривают предварительную метангенерацию корма. Если такая возможность отсутствует, необходимо провести компостирование корма в буртах в течение 2-8 мес., но не более года. Перегнившие полностью органические отходы непригодны для корма. Прохождение температурной стадии в процессе компостирования снижает количество семян сорняков и тех возбудителей болезней и вредителей, условия размножения и существования которых близки к таковым дождевого червя, например, нематоды.

Лучшими видами корма являются конский, овечий навоз, а также навоз кроликов, которые можно использовать даже без предварительной ферментации. Птичий помёт в чистом виде использовать нельзя, необходимо предварительное компостирование с торфом или другими органическими отходами: измельченной соломой, растительными остатками, макулатурой, различными видами навоза (соотношение 1:9). В составе корма должно содержаться до 25-35% целлюлозы в виде соломенной резки, опилок лиственных пород или других целлюлозосодержащих отходов. Бурты или лежа заселяют червями из расчета 1,5-2 кг маточной культуры с численностью популяции 1,5-2 тысячи особей на кв. метр.

В корм желателно добавлять до 10% минеральных субстратов в виде гумусовых горизонтов естественных почв, цеолитов. Субстрат должен обладать близкой к нейтральной реакцией среды (рН 6,5-7,5). Если реакция кислая, необходимо добавить извести или мела перед началом ферментации; щелочная реакция устраняется промывкой субстрата повышенными нормами воды. При смене корма, резко отличающегося составом, черви снижают интенсивность размножения и через некоторое время адаптируются к новому корму.

Вермикомпосты, как правило, являются более качественными и более эффективными по сравнению с обычными компостами. Они в значительно большей степени обеззаражены и значительно больше содержат полезных штаммов микрофлоры, биостимуляторов, ускоряющих рост, развитие и созревание растений. Содержание элементов питания в них примерно такое же, как и в компостах, и определяется качеством корма. Если корм загрязнён тяжёлыми металлами или другими видами загрязнителей (диоксины, остатки нефтепродуктов), то в составе вермикомпоста также наблюдается повышенное содержание этих веществ. В то же время черви обладают способностью накапливать повышенные количества тяжёлых металлов в своём теле и частично снижать их содержание в вермикомпосте, по сравнению с исходным кормом.

Вермикомпост можно использовать как компонент тепличных грунтов — до 20-25% от объема. Кроме того его можно ис-

пользовать в качестве подкормок (100-200 г под каждое растение в прикорневую зону) и для внекорневого опрыскивания с целью профилактики болезней и заражения некоторыми вредителями. Очень хорошие результаты применения вермикомпоста получены при выращивании рассады и для восстановления микрофлоры после пропаривания или обработки бромистым метилом тепличных грунтов, которые проводятся для борьбы с возбудителями болезней и вредителями.

Древесные опилки, корьё, соломенная резка. Это, как правило, рыхлые пористые субстраты, обладающие пониженной влагоемкостью. Их добавляют в тепличные грунты в качестве рыхлящих материалов (до 20-25% от объема) после предварительного компостирования. Поскольку они имеют пониженное содержание азота и высокое отношение углерода к азоту (более 30), при предварительном компостировании к ним добавляют азот из расчёта 20 кг на 1 т субстрата. Эти субстраты имеют низкую зольность, пониженное содержание фосфора и кальция. Они довольно интенсивно минерализуются и являются дополнительным источником углекислого газа, необходимого для фотосинтеза и формирования урожая.

Цеолиты. В последние десятилетия широкое распространение в качестве компонентов тепличных грунтов получили цеолитсодержащие туфы — горные породы вулканического происхождения. Они состоят из микрокристаллов цеолита (50-90%) и примесей вулканического стекла, кварца, полевых шпатов и других минералов. Природная ценность цеолитсодержащих туфов определяется содержанием в них высокоёмкостных цеолитов и их разновидностей — клиноптилолита, морденита и др. Цеолиты обладают высокой адсорбционной способностью. Емкость катионного обмена (ЕКО) может достигать 100 и более мг-экв на 100 г породы. Это свойство обусловлено развитой внутренней поверхностью. В микрорах содержится поглощенная вода и положительно заряженные ионы, преимущественно щелочных и щелочноземельных металлов, компенсирующих отрицательный заряд каркаса. Это обуславливает щелочную реакцию цеолитов и способность обеспечивать растения калием, магнием и кальцием. Цеолитовый компонент переводит значительную часть аммония внесенных удобрений в обменное состояние, что позволяет вносить азотные удобрения в запас, без угрозы их вымывания и загрязнения урожая нитратами. Цеолиты обладают способностью поглощать влагу. Наименьшая влагоемкость находится в пределах 40-50% от объёма. Водно-физические свойства цеолита существенно ухудшаются с увеличением в их составе частиц размером менее 1 мм. Наиболее

ценной фракцией являются частицы размером 1-15 мм. Цеолиты могут использоваться как самостоятельно, в качестве тепличного грунта и субстрата при гидропонной культуре, так и в смеси с другими компонентами. Исследованиями Корчагиной Л.М. (1999) установлена высокая эффективность торфо-цеолитовых субстратов, содержащих 25 и 50% минерального компонента. Соотношение твердой, жидкой и газообразной фаз в таких смесях приближалось к оптимальному (1:3:2) и обеспечивало благоприятный водно-воздушный режим.

Субстраты для гидропонных технологий. В гидропонных технологиях используются заменители почвы или грунта, а питание растений осуществляется при помощи водных растворов минеральных солей. Субстраты для гидропонных технологий должны отвечать следующим требованиям: иметь высокую пористость, обеспечивать хорошую устойчивость растений и благоприятные условия для проникновения и развития корневых систем; быть, как можно более, химически инертными и не изменять (не ухудшать) химических и физико-химических свойств питательного раствора; обеспечивать хороший доступ кислорода и питательного раствора к корневым системам; обладать способностью к регенерации после ухудшения технологических качеств.

Наиболее широкое распространение в качестве субстратов для гидропонной культуры получили: гравий, гранитный щебень, керамзит, крупный песок, вермикулит, перлит, вулканический шлак, цеолит, полимерные пластмассы, органические субстраты (верховой торф, солома и др.), минеральная вата. Для малообъемных гидропонных технологий используются чаще всего субстраты, состоящие из верхового сфагнового торфа или минераловатные, имеющие высокую пористость. Параметры корнеобитаемой среды — содержание элементов питания, реакция среды, влажность, аэрация и др. — регулируются микропроцессорной техникой, за счёт чего достигается высокая эффективность малообъемных технологий.

Требования к воде, используемой в тепличных хозяйствах. Вода — один из основных факторов, обеспечивающих величину и качество урожая в теплицах. Содержание солей в воде не должно превышать 1 г/л, в том числе железа 1-3 мг/л, бора 0,3-0,6 мг/л, ионов кальция, натрия, хлора 200 мг/л (каждого), сульфат-иона — не более 350 мг/л.

Применение структурообразователей для улучшения качества тепличных грунтов. Структурообразователи сохраняют и улучшают структуру почвы, водные и воздушные свойства. Для этих целей

используют синтетические полимеры. Наиболее распространенный препарат для тепличных грунтов — структурообразователь К-4, который представляет собой густую, текучую жидкость светлосерого цвета. Он легко растворяется в воде, не оказывает токсического воздействия на растения и почвенную микрофлору, обеспечивает устойчивую структуру до 6 лет.

Структурообразователь вносят при дождевании, в дозе 0,1-0,2% к массе абсолютно сухого грунта. После внесения расчетной дозы грунты подсушивают и фрезеруют. Хорошо зарекомендовали себя структурообразователи — крилиумы АК-1, АК-7, а также полиакриламид ПААС-3. Последний служит и как удобрение, поскольку содержит азот, фосфор и калий.

Мочевинно-формальдегидная пена (гигромуль) хорошо структурирует песчаные грунты. Этот препарат рекомендуется вносить в дозе 200 м³ на гектар после пропаривания грунта.

Полистирол (стиромуль) применяют в теплицах в дозе 400-500 м³/га вместо торфяной крошки.

Часть IV. МАТЕРИАЛЫ ПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Глава 37. Почвенные карты и картограммы

37.1. Теоретические основы картографии почв

Понятие о почвенной карте и картографии почв. Картой называют уменьшенное изображение земной поверхности на плоскости. *Почвенная карта* — специальная карта, изображающая почвенный покров определенной территории. Она дает наглядное представление о распространении почв на местности, раскрывает особенности их пространственного залегания.

В основе составления любой карты, в том числе почвенной, лежат математические законы построения карты, особые способы графического изображения предметов и явлений (условные обозначения), генерализация изображаемых предметов и явлений. *Генерализацией* называется объединение почвенных контуров карт крупного масштаба при составлении на их основе карт более мелкого масштаба. Математическую основу построения карты составляют: масштаб карты, геодезическая основа, картографическая проекция, опорные пункты и рамки карты.

Масштаб карты определяет степень уменьшения расстояний и площадей на карте по отношению к горизонтальным проекциям этих расстояний и площадей на местности. Численный масштаб выражают в виде дроби: в числителе ставится единица, в знаменателе — число, показывающее, во сколько раз расстояние на местности уменьшено при изображении его на карте (1:1000, 1:5000). Чем меньше знаменатель масштаба карты, тем изображение на карте крупнее.

Картография почв — раздел генетического почвоведения, изучающий почвенные карты, методы их составления и использования. Выдающийся почвовед В.В. Докучаев ставил в основу картографии почвенного покрова определение взаимных связей между почвой и факторами почвообразования. Докучаевский метод картографии почв, получивший название сравнительно-географического, включает сложные комплексные исследования: 1) де-

тальное изучение морфологических признаков и свойств почв в поле с установлением таксономических единиц в соответствии с классификацией почв (тип, подтип, род, вид и т. д.); 2) лабораторный анализ отобранных образцов для качественной и количественной характеристики состава и свойств почв; 3) выявление основных закономерностей распространения почв в зависимости от факторов и условий их развития и перенесение выделов и границ на картографическую основу.

Почвенная картография тесно связана с почвенной классификацией. Картография имеет большое значение для развития географии почв, установления закономерностей пространственного их размещения в природе. Классификация и география почв — научная основа их картографирования.

Почвенная карта суммирует достижения всех разделов почвоведения. Она отражает современный уровень развития науки о почве и совершенствуется вместе с ней. Почвенные карты — важнейший исходный документ для решения множества практических задач: учета и планирования использования земельных ресурсов, проектирования организации территории, мелиоративных, агротехнических и других мер по окультуриванию и охране почв.

Картография почв использует сравнительно-географический метод исследования, основанный на ландшафтно-индикационных связях, и заимствует у общей картографии методы генерализации, способы изображения.

Картография почв, как наука, включает разработку содержания почвенных карт, методику их составления, разработку критериев оценки информативности и точности почвенных карт, способов оформления карт.

Группировка почвенных карт по масштабам, их содержание и назначение. Почвенные карты подразделяют на обзорные, мелкомасштабные, среднемасштабные, крупномасштабные и детальные.

Обзорные почвенные карты (масштаб 1 : 2500000 и мельче) — это карты обширных территорий (материков, государств и крупных природных регионов), используются в учебных и научных целях. Основное их назначение — выявление закономерностей пространственного размещения почвенного покрова, связанных с географическим положением, биоклиматическими условиями природных поясов, зон, подзон, фаций, провинций. На обзорных почвенных картах отображаются типы, подтипы, иногда роды и преобладающий механический состав почв.

Мелкомасштабные почвенные карты (масштаб 1:1000000 — 1:500000) характеризуют почвы республик, краев и областей,

предназначены для природного и сельскохозяйственного районирования, государственного учета земель, районирования сельскохозяйственных культур. Мелкомасштабные почвенные карты более информативны, по сравнению с обзорными, в детализации почвенного покрова. Как обзорные, так и мелкомасштабные почвенные карты основываются на двух принципах генерализации: классификационном и по преобладающей почве. В связи с тем что автоморфные почвы преобладают, они, как правило, являются главными элементами легенды мелкомасштабных и обзорных карт. Все чаще на мелкомасштабных и обзорных почвенных картах показывают не преобладающие почвы, а почвенные комбинации, или типы структур почвенного покрова.

Среднемасштабные почвенные карты (масштаб 1:300000 — 1:100000) составляют для административных районов, краев, областей. Они служат для планирования, распределения минеральных удобрений и химических мелиорантов, выявления почв, нуждающихся в мелиорации. Эти карты несут довольно подробную информацию о почвенном покрове, вплоть до выделения разновидностей. Контурные среднемасштабных карт изображают преобладающие почвы с элементами мезо- и микроструктур почвенного покрова. Среднемасштабное картографирование в течение длительного времени основывалось на полевых маршрутных исследованиях, дополняемых изучением ключей, теперь среднемасштабные карты составляют на основе обобщения крупномасштабных.

Крупномасштабные почвенные карты (масштаб 1:50000 — 1:10000) составляют для территорий колхозов и совхозов, акционерных общественных, фермерских хозяйств и др. Их применяют для внутрихозяйственного землеустройства, для дифференцированного использования различных почвенных разновидностей, бонитировки почв, орошения, осушения и др.

Содержание контура крупномасштабных почвенных карт определяется детальностью принятой классификации. Для этих карт характерно также генерализованное изображение, которое отражает первую ступень обобщения, проводимого в поле.

Детальные почвенные карты (масштаб 1:5000 — 1:200) составляют для территорий небольших фермерских хозяйств, опытных станций, опытных полей, сортоиспытательных участков, питомников ценных культур и многолетних насаждений и др.

Содержание детальных карт — ареалы распространения низших таксономических единиц почв. Принципиальная особенность детальных карт заключается в том, что при их составлении не применяют приемы генерализации. На них отображают все по-

ченные разновидности, которые можно выделить при существующей классификации.

Картографические основы, применяемые при составлении почвенных карт: топографические карты, материалы аэрофотосъемки, материалы космической съемки, контурные планы землепользования. *Топографические карты* имеют точный масштаб, унифицированную систему условных знаков, координатную сетку.

Рельеф на топографических картах изображается горизонталями, соединяющими одинаковые отметки высот. Основные горизонталы нанесены сплошной линией, вспомогательные — пунктирной. Контрольные горизонталы имеют отметки высот и наносятся утолщенной сплошной линией. На основании рисунка и взаимного расположения горизонталей на топографической карте можно определить основные формы рельефа. Разность в отметках высот между двумя соседними горизонталями называется высотой сечения рельефа. Обычно на топографических картах имеется шкала заложений, которая служит для определения крутизны

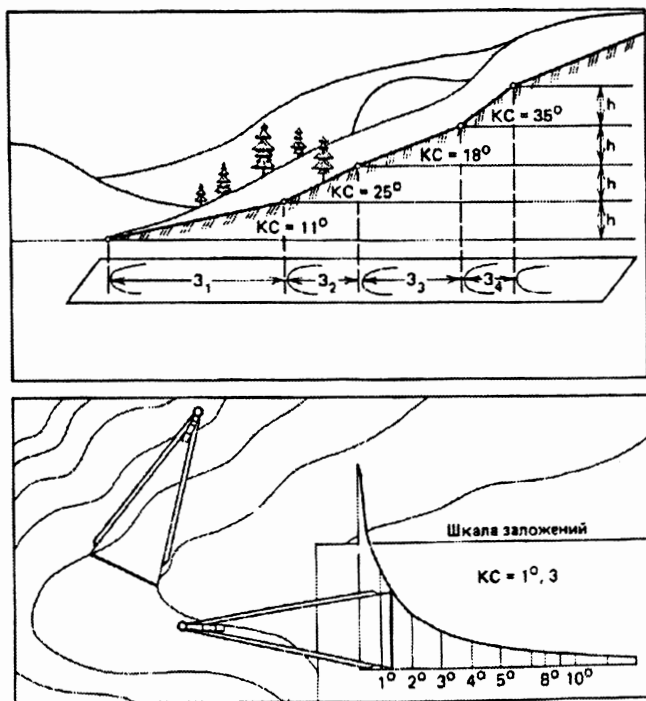


Рис. 37.1. Определение крутизны склона по шкале заложений

склона. Крутизной склона (КС) называется угол его наклона к горизонтальной плоскости. Чем больше этот угол, тем склон круче. Заложением (З) называется расстояние на карте между двумя соседними горизонталями. Чем круче склон, тем меньше заложение. На рис. 37.1 приведен пример определения крутизны склона по шкале заложений.

Часто возникает необходимость построения профиля по карте. Профилем называется чертёж, изображающий вертикальный разрез местности.

Профиль строят в следующем порядке.

1. Провести на карте профильную линию АБ; приложить к ней лист разграфленной бумаги и перенести на ее край короткими черточками места пересечения горизонталей с профильной линией (выходы горизонталей).

2. На листе разграфленной бумаги слева у горизонтальных линий подписать высоты, соответствующие высотам горизонталей на карте, приняв условно промежутки между этими линиями за высоту сечения; от всех черточек (выходов горизонталей) опустить перпендикуляры до пересечения их с соответствующими по отметкам параллельными линиями и отметить полученные точки пересечения.

3. Соединить точки пересечения плавной кривой, которая и изобразит профиль местности.

Пример построения профиля по карте представлен на рис. 37.2.

Контурные планы внутрихозяйственного землеустройства служат дополнительной картографической основой при крупномасштабных почвенных обследованиях территории колхозов и совхозов. На них специальными унифицированными знаками изображены: населенные пункты, дорожная и гидрографическая сеть, линии электропередач, границы землепользования, все сельскохозяйственные угодья, в том числе пашня, залежь, сенокосы, пастбища, леса и кустарники, болота (рис. 37.3). Отсутствие изображения рельефа не позволяет использовать контурные планы в качестве картографической основы.

Аэрофотоматериалы. Существует четыре вида аэрофотоматериалов, используемых в качестве картографической основы: контактные аэрофотоснимки, репродукции накидного монтажа, трансформированные фотопланы и фотопланы с перенесенными на них с топографической карты горизонталями, изображающими рельеф территории.

Контактный аэрофотоснимок — фотография местности, снятая с самолета. Ценность аэрофотоснимков заключается в

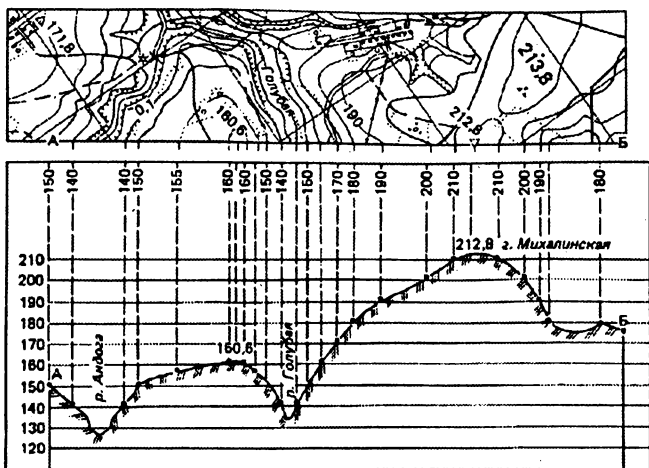


Рис. 37.2. Построение профиля по карте

большой объективности изображения земной поверхности, рельефа, растительности, сельскохозяйственных участков, рек, дорог и т.д. Насыщенность аэрофотоснимков объектами очень велика, что позволяет ориентироваться на местности, пользуясь аэрофотографической плановой основой, с предельной точностью.

По сравнению с другими видами картографической основы контактные аэрофотоснимки обладают рядом положительных свойств:

- на аэрофотоснимках легко читается рельеф (как его макро- и мезоформы, так и микрорельеф). При аэрофотосъемке местности благодаря продольному перекрытию (не менее 50%) одни и те же объекты фотографируются дважды из различных точек пространства. Это дает возможность стереоскопического (объемного) рассматривания аэрофотоснимков. Изучение форм рельефа на контактных отпечатках с помощью стереоскопа позволяет получить подробную информацию о топографии местности;

- контактные аэрофотоснимки удобны для работы в поле благодаря своей компактности; на контактных отпечатках несложно распознать угодья (леса, пашни, болота) и уловить различия в группировках растительности, степени увлажнения отдельных контуров и т. д.;

- пользуясь материалами аэрофотосъемки, можно до выезда в поле разделить исследуемую территорию на ландшафтные единицы, установить некоторые дешифровочные признаки отдельных почв.

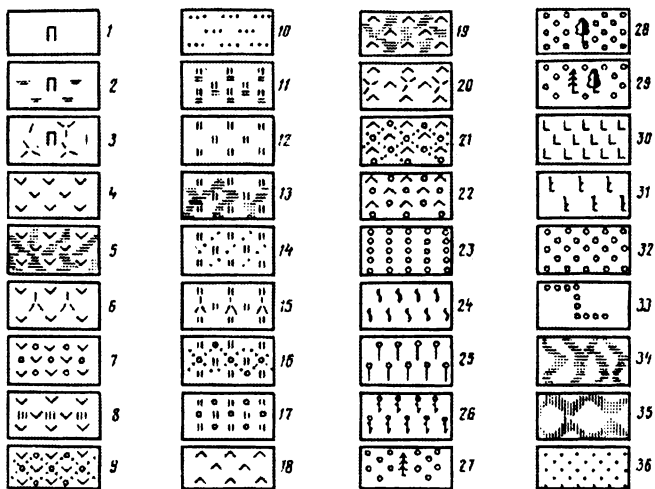


Рис. 37.3. Условные знаки сельскохозяйственных угодий:

1 — пашня; 2 — пашня, излишне увлажненная; 3 — пашня, засоренная камнями; 4 — перелogi и залежи; 5 — перелogi и залежи заболоченные; 6 — перелogi и залежи, засоренные камнями; 7 — залежь залесенная; 8 — залежь сильнозасоленная; 9 — залежь закустаренная; 10 — целина; 11 — сенокос заливной; 12 — сенокос суходольный; 13 — сенокос заболоченный; 14 — сенокос закочаренный; 15 — сенокос, засоренный камнями; 16 — сенокос закустаренный; 17 — сенокос залесенный; 18 — выгоно-пастбище суходольное; 19 — выгоно-пастбище заболоченное; 20 — выгоно-пастбище, засоренное камнями; 21 — выгоно-пастбище закустаренное; 22 — выгоно-пастбище залесенное; 23 — фруктовые сады; 24 — виноградники; 25 — чайные плантации; 26 — табачные плантации; 27 — хвойные леса; 28 — лиственные леса; 29 — смешанные леса; 30 — вырубленные леса; 31 — горелые леса; 32 — лесные питомники; 33 — лесные полосы; 34 — болота; 35 — солончаки; 36 — пески.

Накидной фотомонтаж изготавливают из контактных аэрофотоснимков, обрезанных по полезной площади, совмещенных по границам обреза и наклеенных на плотную бумагу. Фотомонтаж имеет те же недостатки, что и контактные аэрофотоснимки, кроме того его нельзя стереоскопировать.

Фотоплан составляют на основе трансформированных аэрофотоснимков. Он привязан к геодезической сети, имеет координатную сетку и точный масштаб (обычно 1:10000 или 1:25000). Фотоплан содержит менее качественное изображение местности, по сравнению с контактными аэрофотоснимками, обусловленное пересъемкой.

В наибольшей степени отвечают требованиям почвенной съемки фотопланы с нанесенными на них горизонталями, ото-

бражающими рельеф, и отдешифрованными сельскохозяйственными угодьями. Такая картографическая основа имеет все достоинства топографических карт и, кроме того, даст дополнительные возможности дешифровать почвенный покров по тону изображения, структуре поверхности, форме и размеру контуров.

Космический снимок — это фотография земной поверхности, снятая с космического корабля или искусственного спутника Земли. Снимки подразделяются на обзорные (масштаб 1:10 000 000 — 1:100 000 000), мелкомасштабные (1:500000 — 1:2500000) и среднемасштабные (1:100000 — 1:300000). Последние получают с помощью специализированных фотографических систем. Они с высокой детальностью передают изображения почвенного покрова, различия в механическом составе, в степени гумусированности, влажности, эродированности и др.

Для составления среднес- и мелкомасштабных почвенных карт целесообразно иметь масштаб космических снимков, одинаковый с масштабом картографирования. Это связано не только с техническими удобствами, но и, в основном, со сходным уровнем генерализации. Существенно, что на космических снимках происходит объективная оптическая генерализация земной поверхности и почвенного покрова.

Поскольку при съемке из космоса, с высоты более 80-100 км, получают в основном мелкомасштабные снимки, то для приведения их масштабов в соответствие с масштабом картографирования оригиналы увеличивают в 2-5 раз.

Аэрокосмические методы при картографировании почв применяют все шире. Существует комплекс аэрокосмических методов изучения природных ресурсов, в том числе почвенного покрова.

Набор аэрокосмического, фотографического и фотоэлектронного оборудования, установленного на самолетах, космических кораблях и спутниках, позволяет автоматизировать процессы дешифрования почвенного покрова с использованием ЭВМ.

Геоинформационные системы и почвенная информатика. Геоинформационные системы (ГИС) — автоматизированные системы, предназначенные для обработки пространственно-временных данных, включающие автоматизированные системы картографирования: почвенные и земельные информационные системы, автоматизированные кадастровые системы и др. (Цветков Г.Я., 1988; Рожков В.А., 1989). ГИС базируются на обработке широкого набора данных, собираемых с помощью различных технологий — от аэрокосмических до обычной цифровой информации по характеристике состава и свойств природных объектов. Благодаря широ-

ким возможностям ГИС на их основе интенсивно развивается математическое картографирование в геологии, геохимии, экологии, почвоведении и других науках о земле. ГИС характеризуется большей наглядностью и широкой доступностью выходных данных по сравнению с обычными географическими картами. Они позволяют представлять цифровые данные в виде карт разных масштабов, графиков, диаграмм, переходить из одного масштаба в другой, менять степень нагрузки в тематических картах, объединять разные виды географических карт путем наложения друг на друга в комплексные, и на их основе создавать карты с новой информацией. ГИС включает экспертные системы, которые способны анализировать базы данных, группировать входные данные по их свойствам, делать выводы и прогноз.

В последние годы интенсивно развиваются почвенные информационные системы (Рожков В.А., Рожкова С.В., 1993). На рис. 37.4 перечислены разработанные и используемые в Почвенном институте им. В.В.Докучаева информационные системы разного назначения, которые в совокупности образуют интегрированную автоматизированную систему (АИС) «ПОЧВА».

Например, АИС «SOIL» содержит статические характеристики (банк данных) по ряду типов почв. В частности, АИС «ПОДЗОЛ»



Рис. 37.4. Информационные системы «Почва»

включает более 3 тыс подзолистых почв европейской части России и прилегающих территорий; АИС “MERON” содержит описание всего многообразия типов почв, зафиксированных в принятой классификации; “PSEYORA” – перенесенная в память машины информация по природно-сельскохозяйственному районированию; “COBRA” – система, созданная для целей дешифрирования аэрокосмических снимков. Система “INDEX” (разработчики В.С.Столбовой с соавт., 1998) позволяет представлять результаты оценок в виде карты пригодности земель с учетом лимитирующих факторов; “PLOMOD” – банк моделей плодородия почв (А.С.Фрид, А.Н.Прохоров, 1989) – включает описание статистических и динамических моделей плодородия, позволяющих осуществлять прогноз.

37.2. Методика крупномасштабного и детального картографирования почв

Крупномасштабные и детальные почвенные обследования разделяют на три рабочих периода: подготовительный, полевой и камеральный.

Подготовительный период. В подготовительный период определяются объемы и планы работ, готовится картографическая основа, изучаются условия почвообразования и особенности почвенного покрова территории по литературным и другим источникам, составляется систематический список почв, изучаются особенности сельскохозяйственного использования почв, проводится предварительное ландшафтное дешифрирование аэрофотоснимков.

При планировании объемов работ определяется количество точек копания, исходя из нормативных материалов. Точки копания разделены на три вида: основные разрезы, полуразрезы и прикопки.

Основные разрезы закладывают в наиболее характерных местах, чтобы определить не только почву, но и почвообразующую породу, поэтому их глубина более 100 см, иногда до 300 см и более.

Полуразрезы служат для установления контуров распространения почв и выявления варьирования почвенных свойств. Они вскрывают основные генетические горизонты, но не достигают породы. Их глубина — 60-70 см и более.

Прикопки закладывают для уточнения границ распространения почв и установления различия в свойствах верхних горизонтов, например, мощности пахотного и подпахотного горизонтов. Глубина прикопок — 30-40 см.

Количество точек копания на определенной площади, согласно нормативам, зависит от категории сложности территорий и масштаба съемки.

Категории сложности выделяются в зависимости от пестроты (сложности почвенного покрова), рельефа и интенсивности сельскохозяйственного использования. Всего в России выделено 5 категорий. Районы таежно-лесной зоны относятся к наиболее сложным III-V категориям.

В таблице 37.1 представлены нормативные данные для определения количества точек копания, без прикопок, для территорий III, IV и V категорий сложности. Соотношение между основными разрезами, полуразрезами и прикопками при работе на топографической основе без материалов аэрофотосъемки — 1 : 4 : 5.

Полевой период. Для ознакомления с условиями почвообразования и почвами картографируемой территории перед началом работ проводится рекогносцировочное обследование. Вся или большая часть территории пересекается с таким расчетом, чтобы охватить, по возможности, все основные формы рельефа и установить топографические закономерности в почвенном покрове.

После проведения рекогносцировочного обследования приступают к картографированию почвенного покрова. Вначале планируют маршруты, для чего используют способ параллельных пересечений по рельефу местности в направлении падения склона или метод расположения разрезов по квадратам в виде сплошной сетки, в соответствии с нормой разрезов на единицу площади.

Затем выбирают место для разрезов и проводят их описание. Разрез необходимо закладывать в наиболее типичном месте характеризуемого участка. Почвенные разрезы нельзя располагать вблизи дорог (ближе 10 м от проселочной дороги и 50 м от шоссе), на обочинах каналов, на участках, где проводились строительные работы, и т.д. В зависимости от глубины разрезов устанавливают их

37.1. Площадь, приходящаяся на одну точку копания (без прикопок)

Масштаб съемки	Гектары на местности			Квадратные сантиметры на карте		
	Категории сложности					
	III	IV	V	III	IV	V
1:2000	1,5	1,0	0,5	37	25	12
1:5000	4,0	3,0	2,0	16	12	8
1:10000	18,0	15,0	10,0	18	15	10

длину и ширину, с таким расчетом, чтобы не ограничивать движения работающего при копке, описании и взятии образцов. Располагать разрез надо так, чтобы его передняя стенка к моменту описания была максимально освещена. Противоположная стенка делается со ступеньками. Почву при копке разреза выбрасывают только на боковые стороны, чтобы не нарушать поверхность и растительный покров передней стенки. Пахотный слой или гумусовый горизонт в целом выбрасывают на одну сторону, а нижележащие горизонты на другую. После окончания описания засыпают разрез так, чтобы не снизить плодородие участка, т.е. гумусовый слой должен быть сверху. После выкопки разреза необходимо точно нанести место его расположения на топографическую основу, то есть сделать привязку разреза.

Привязка разрезов начинается с определения сторон света и местоположения исследователя относительно окружающих местных ориентиров. Чтобы ориентироваться на местности по карте, следует придать ей такое положение, при котором верхняя сторона рамки обращена на север, а линии ориентиров (дороги, ручьи, телеграфные и линии электросети и др.) на карте были параллельны линиям местности. Затем отыскивают на карте окружающие ориентиры (изгибы дорог, углы полей, лесов, других угодий, пересечения лесополос с дорогами и др.) и определяют по ним свое местоположение. При этом для более точной привязки пользуются компасом. Для привязки разрезов следует выбирать ориентиры, находящиеся недалеко от места заложения разреза и обязательно имеющиеся на картографической основе. Привязку необходимо проводить к двум ориентирам. Например: 120 м к югу от лесополосы, 50 м к западу от проселочной дороги. Почвенные разрезы обозначают на топографической основе следующим образом: основные разрезы — квадратом со стороной 3 мм, полуразрезы — кружочком до 3 мм; прикопки — точкой. Все разрезы имеют общий порядковый номер, который на карте указывают цифрой, расположенной справа от условного обозначения точки копания. Сделав привязку, приступают к описанию условий почвообразования и профиля почв по специальной форме.

Описывают наиболее важные характеристики рельефа, растительности, засоренности, отмечают глубину залегания грунтовых вод и оглеенных горизонтов, определяют мощности генетических горизонтов, описывают их цвет, гранулометрический состав, структуру, плотность, скважность, включения, новообразования, характер перехода одного горизонта в другой. Делают зарисовку профиля или мазки. В конце дают полное название почвы и

ставят индекс в дневнике и на карте слева от условного обозначения точки копания. При необходимости берут образцы из каждого генетического горизонта. Разрез засыпают и переходят к следующему. При установлении границ между почвенными разностями наиболее часто применяют три способа:

1. Границу проводят по ясным изменениям форм и элементов рельефа, смене растительных группировок, хозяйственных участков. При этом границы, как правило, повторяют очертания горизонталей (их проводят вдоль горизонталей), за исключением хозяйственных участков, границы которых секут горизонталю.

2. При невыраженных границах между почвами их устанавливают способом сближения, сущность которого заключается в закладывании дополнительных прикопок между разрезами с разными почвами.

3. Границы эродированных почв проводят путем оконтуривания участков с определенной крутизной склона. При этом границы могут идти поперек горизонталей в местах сужения или расширения расстояния между ними.

Точное выделение элементов и форм рельефа и их границ на местности — залог высококачественного картографирования почв. Поэтому в подготовительный период целесообразно составить карту элементов и форм рельефа, которую затем используют для планирования маршрутов, размещения точек копания и проведения границ между почвенными разностями. На рис. 37.5 приведен пример карты форм и элементов рельефа.

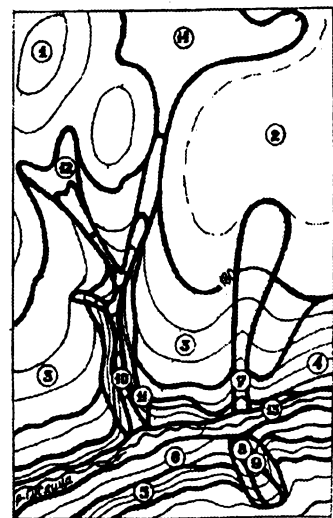


Рис. 37.5. Карта форм и элементов рельефа (уменьшено с масштаба 1:10000)

Цифрами на карте обозначены: 1 — выпуклые вершины холмов и холмистые водораздельные поверхности ($1-2^\circ$); 2 — плоская водораздельная поверхность (менее 1°); 3 — пологие приводораздельные склоны ($1-2^\circ$); 4 — пологие склоны ($2-3^\circ$); 5 — покатые склоны ($3-5^\circ$); 6 — выположенные нижние части склонов ($2-3^\circ$); 7 — ложбины; 8 — днища лощин; 9 — склоны лощин; 10 — днища балок; 11 — склоны балок; 12 — привершинные водосборы балок; 13 — пойма; 14 — межводораздельные понижения.

Минимальные размеры ЭПА, которые могут быть выделены на крупномасштабных почвенных картах, примерно, 0,2 га. Размеры минимальных, существующих в природе ЭПА иногда измеряются несколькими квадратными метрами. Таким образом, даже при составлении детальных почвенных карт не всегда возможно показать все ЭПА, поэтому возникает необходимость генерализации. При составлении крупномасштабных почвенных карт применяют наиболее часто два метода генерализации:

1. Метод преобладающей почвы основан на объединении ЭПА, близкого классификационного уровня, в контур, получающий название по названию преобладающего ЭПА. Например, ЭПА дерново-слабо-, средне- и сильноподзолистых почв объединяются в контур дерново-среднеподзолистых, поскольку они преобладали в этом контуре.

2. Генерализация по структуре почвенного покрова. В название контура включаются все ЭПА, указывается название комбинации и процентное содержание каждого ЭПА.

Для более точного картографирования структуры почвенного покрова используют метод ключей, сущность которого заключается в детальном картографировании отдельных, наиболее типичных, участков с последующей интерпретацией результатов на всю обследуемую площадь.

На рис. 37.6 приведен пример почвенной карты с показом структуры почвенного покрова в подзоне дерново-подзолистых почв, составленной для территории с рельефом, отображенным на рис. 37.5.

Камеральный период. Камеральная обработка материалов полевых обследований почв включает следующие виды работ: лабораторные анализы почв, составление окончательного оригинала почвенной карты, составление картограмм, вычисление площадей почв, написание очерка (пояснительной записки к почвенной карте и картограммам).

Виды лабораторных анализов дифференцируются для четырех групп почв: 1) подзолистых, бурых лесных и серых лесных, 2) черноземов, каштановых и коричневых почв, 3) солонцов и солончаков, 4) болотных торфяных почв.

Для почв первой группы проводят определения гигроскопической влажности, гранулометрического состава, содержания гумуса, рН водной и солевой суспензии, поглощенных оснований, гидrolитической кислотности.

Для почв второй и третьей групп проводят дополнительные виды анализов, характеризующих зональные свойства почв (содер-

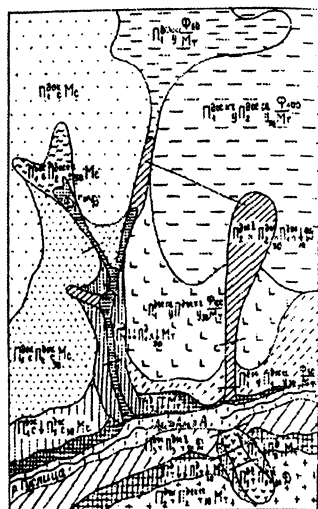
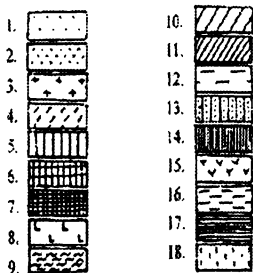


Рис. 37.6. Фрагмент почвенной карты (уменьшено с масштаба 1:10000)

жание карбонатов, поглощенный натрий, состав водной вытяжки); в болотных торфяных почвах определяют потерю при прокаливании и анализ золы, кислотность и ботанический состав торфа.

Дополнительные (сопровождающие) картограммы. Набор сопровождающих картограмм зависит от зоны, особенностей почвенного покрова, в которой расположено землепользование, хозяйственного использования земель и специальных производственных запросов. Во всех случаях обязательно составляют картограмму агропроизводственной группировки почв. Наиболее распространенными являются картограммы эрозии почв, каменистости, переувлажнения, солонцеватости и засоленности для тех районов, где такие почвы встречаются. Все картограммы составляют на копиях оригинала окончательной почвенной карты.

Агрохимические картограммы (реакция среды, содержание обменного калия и подвижного фосфора) составляются организациями агрохимической службы для всех землепользователей.

Очерк (пояснительная записка) к почвенной карте и картограммам включает разделы по характеристике землепользования (севообороты, удобрения, мелиорации и т.д.), природных условий (климат, рельеф и почвообразующие породы, поверхностные и грунтовые воды, растительность), почвенного покрова (подробная морфологическая и агрономическая характеристика всех почвенных разностей и почвенных комбинаций с рекомендациями по их использованию).

Условные обозначения к рис. 37.6.

№	Индекс	Название почв и почвенных комбинаций	Почвообразующая порода	Условия залегания по рельефу	Площадь	
					га	% от общей
1	$\Pi_1^{\text{доКсМс}}$	Дерново-слабоподзолистая окультуренная среднесуглинистая	Моренный средний суглинок	Холмистые водораздельные поверхности	62,4	10,4
2	$\Pi_1^{\text{доКс}} \cdot \Pi_2^{\text{доКс}_{30}\text{Мс}}$	Пятнистость дерново-слабо- и среднеподзолистых (30%) окультуренных среднесуглинистых почв	Моренный средний суглинок	Пологие приводораздельные склоны	58,8	9,8
3	$\Pi_2^{\text{доКТ}} \cdot \Pi_2^{\text{доК}} \cdot \alpha_{\text{Т}_{30}}^{\text{МТ}}$	Пятнистость дерново-среднеподзолистых окультуренных тяжелосуглинистых неоглеенных и слабоглееватых (30%) почв	Моренный тяжелый суглинок	Холмистые водораздельные поверхности	27,5	4,4
4	$\Pi_1^{\text{доКсу}} \cdot \Pi_1^{\text{доОсгсу}_{30}} \cdot \Phi_{60}^{\text{МТ}}$	Пятнистость дерново-слабоподзолистых освоенных супесчаных неоглеенных и слабоглеенных (30%) почв	Водноледниковые отложения, подстилаемые тяжелым моренным суглинком с 60 см	Пологие склоны	30,6	5,1
5	$\Pi_1^{\text{доОс}} \cdot \Pi_2^{\text{доОс}_{30}\text{Мс}}$	Пятнистость дерново-слабоподзолистых слабосмытых и дерново-среднеподзолистых несмытых (30%) освоенных среднесуглинистых почв	Моренный средний суглинок	Пологие приводораздельные склоны	19,8	3,3
6	$\Pi_1^{\text{доОсТ}_{2}} \cdot \Pi_1^{\text{доОс}} \cdot \text{Т}_{30}^{\text{Мс}}$	Пятнистость дерново-подзолистых среднесмытых и дерново-слабоподзолистых слабосмытых (30%) освоенных тяжелосуглинистых почв	Моренный тяжелый суглинок	Покатые склоны холодных экспозиций	31,4	5,4
7	$\Pi_1^{\text{доОсТ}_{2}\text{МТ}}$	Дерново-подзолистая освоенная тяжелосуглинистая среднесмытая	Моренный тяжелый суглинок	Покатые склоны теплых экспозиций	25,2	4,2
8	$\Pi_1^{\text{доОсгу}} \cdot \Pi_1^{\text{доОсг}_{30}} \cdot \Phi_{100}^{\text{МТ}}$	Комплекс дерново-слабоподзолистых освоенных супесчаных слабоглееватых и контактноглееватых (30%) почв	Водноледниковые отложения, подстилаемые тяжелым моренным суглинком	Пологие приводораздельные склоны	15,6	2,6
9	$\Pi_1^{\text{доОс}} \cdot \Pi_2^{\text{доОс}} \cdot \alpha_{\text{У}_{50}}^{\text{Мс}}$	Комплекс дерново-слабоподзолистых освоенных супесчаных слабоглееватых и контактноглееватых (50%) почв	Моренный средний суглинок	Привершенный водосбор	49,2	8,2

10	$\Pi_3^{\text{дОсТ}}$ $\Pi_3^{\text{дОсТ}}_{50}\text{Д}$	Комплекс дерново-сильнопodzolistых освоенных тяжелосуглинистых неоглеенных и поверхностно-глееватых (50%) почв	Делювиальные отложения	Нижние выположенные части склонов	38,4	6,4
11	$\Pi_2^{\text{дОсГЛ}}$ $\Pi_2^{\text{дОсЛ}}_{30}$ $\Pi_2^{\text{дОсЛз}}_{10}\text{Д}$	Комплекс дерново-слабоподzolistых освоенных легкосуглинистых поверхностно-глееватых слабо-глееватых (30%) и слабосмытых (10%)	Делювиальные отложения	Ложбины	31,8	5,3
12	$\Pi_1^{\text{дОсГу}}$ $\Pi_2^{\text{дОсГу}}_{50}$ $\Phi_{100}/\text{МТ}$	Комплекс дерново-слабоподzolistых освоенных супесчаных контактно-глееватых и слабо-глееватых (50%) почв	Водноледниковые отложения, подстилаемые тяжелым моренным суглинком	Плоская водораздельная поверхность	75,6	12,6
13	$\Pi_1^{\text{дТз}}$ $\Pi_2^{\text{дТМТ}}$	Пятнистость дерново-слабоподzolistых слабосмытых и дерново-среднеподzolistых несмытых тяжелосуглинистых почв	Моренный тяжелый суглинок	Склоны лоцины	10,8	1,8
14	$\Pi_2^{\text{дТз}}$ х $\Pi_2^{\text{дЛз}}_{30}\text{МТ}$	Комплекс-мозаика дерново-подzolistых среднесмытых тяжелосуглинистых и дерново-слабоподzolistых слабосмытых легкосуглинистых (30%) почв	Моренный тяжелый суглинок	Склоны балки	28,8	4,8
15	$\Pi_3^{\text{дГТ}}$ $\Pi_3^{\text{дТТ}}_{30}\text{Д}$	Комплекс дерново-сильнопodzolistых глееватых и дерново-подzolistых глееватых (30%) тяжелосуглинистых почв	Делювиальные отложения	Днище балки	16,8	2,8
16	$\Pi_1^{\text{дОсГу}}$ $\Phi_{60}/\text{МТ}$	Дерново-слабоподzolistая освоенная контактно-глееватая супесчаная	Водноледниковые отложения, подстилаемые тяжелым моренным суглинком с 60 см	Крупная межводораздельная депрессия	26,4	4,4
17	$\text{Д}_Г' \text{Д}$	Дерново-глеевые тяжелосуглинистые	Делювиальные отложения	Днище лоцины	21,6	3,6
18	Аду Алла	Комплекс аллювиальных дерновых супесчаных и аллювиальных луговых легкосуглинистых почв	Современный аллювий	Пойма	29,4	4,9

37.3. Агропроизводственная группировка почв

Агропроизводственная группировка почв — это объединение почв, близких по генетическим, агроэкологическим условиям и агрономическим свойствам, в группы, характеризующиеся одинаковой возможностью сельскохозяйственного использования и однотипным характером мероприятий по улучшению свойств.

В.М.Фридланд разделил агропроизводственные группировки почв на три категории. В первой категории почвы группируются в соответствии с требованиями какой-либо одной сельскохозяйственной культуры, во второй — в соответствии с требованиями отдельных групп культур (пропашные, зерновые и др.), в третьей — для всех культур. Первые две категории разрабатывались ограниченно, для требовательных к почвенным условиям культур (плодовые, чай, виноград и др.). Наибольшее распространение получили группировки третьей категории. Они составлены для отдельных хозяйств, республик и областей.

Официальной инструкцией по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользования (1973) предусмотрено составление общей агропроизводственной группировки для всех культур, основные принципы которой рассмотрены в данном пособии.

Почвы, объединяемые в одну агрогруппу, должны иметь следующие, приблизительно одинаковые, показатели:

1) водно-воздушные и тепловые свойства и режимы, выявляемые на основе оценки гранулометрического состава, а также учета геоморфологических и гидрологических условий залегания почв;

2) питательный режим и уровень плодородия (содержание элементов питания, уровень гумусированности, реакция среды);

3) отношение почв к обработке (физико-механические свойства почв, сроки спелости, особенности углубления пахотного слоя и др.);

4) потребность в мелиорациях (степень заболоченности, уровень залегания грунтовых вод, степень засоления, реакция среды и др.);

5) содержание в почве вредных для растений веществ в токсичных концентрациях (тяжелые металлы, водорастворимые соли, радионуклиды и др.);

6) показатели степени эродированности;

7) баллы бонитета;

8) рельеф, в условиях которого залегают почвы;

9) степень однородности почвенных контуров, их величина,

конфигурация, структура почвенного покрова (агронOMICески однородные и агрономически неоднородные совместимые ЭПА).

Фрагмент картограммы агропроизводственной группировки почв и легенда к ней приведены, соответственно, на рис. 37.7 и в табл. 37.2.

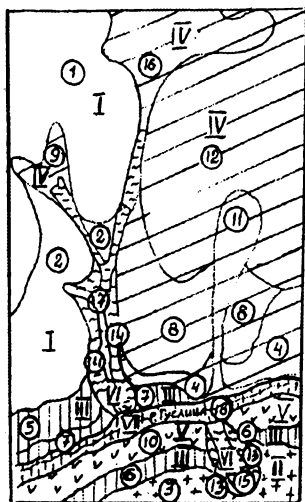


Рис. 37.7. Фрагмент картограммы агропроизводственной группировки почв (уменьшено с масштаба 1:10000)

I - VII — номера агропроизводственных групп; 1-18 — номера почвенных разностей и почвенных комбинаций, входящих в соответствующие группы (рис. 37.6)

37.2. Условные обозначения картограммы агропроизводственной группировки почв

№ агропроизводственной группы	Названия почв, входящих в агрогруппу, и их номера на почвенной карте	Свойства почв, лимитирующие урожай культур	Мероприятия по использованию
I	Дерново-слабоподзолистые окультуренные среднесуглинистые. Пятнистость дерново-слабо- и среднеподзолистых (30%) и окультуренных среднеподзолистых почв (1, 2).	Отсутствуют	Пригодны под все культуры с соответствующими технологиями возделывания
II	Пятнистость дерново-среднеподзолистых окультуренных тяжелосуглинистых неоглеенных и слабооглеенных (30%) почв (3).	Небольшой избыток влаги во влажные годы	Пригодны под все культуры. Во влажные годы - агротехнические мероприятия против переувлажнения

III	<p>Пятнистость дерново-слабоподзолистых слабосмытых и дерново-среднеподзолистых несмытых (30%) освоенных средне-суглинистых почв.</p> <p>Пятнистость дерново-подзолистых среднесмытых и дерново-слабоподзолистых слабосмытых (30%) освоенных тяжело-суглинистых почв. Дерново-подзолистые освоенные тяжелосуглинистые среднесмытые (5, 6, 7).</p>	Эродированность	Поконтурная обработка, почвозащитные севообороты
IV	<p>Пятнистость дерново-слабоподзолистых освоенных супесчаных неоглеенных и слабоглееватых почв (30%).</p> <p>Комплекс дерново-слабоподзолистых освоенных супесчаных слабоглееватых и контактно-глееватых (50%) почв.</p> <p>Комплекс дерново-слабоподзолистых освоенных супесчаных слабоглееватых и контактно-глееватых почв (30%).</p> <p>Комплекс дерново-слабоподзолистых освоенных супесчаных контактно-глееватых и слабоглееватых почв (50%).</p> <p>Дерново-слабоподзолистые освоенные контактно-глееватые супесчаные (4, 8, 9, 11, 12, 16).</p> <p>Комплекс дерново-слабоподзолистых освоенных легкосуглинистых поверхностно-глееватых, слабо-глееватых (30%) и слабосмытых (10%).</p>	Временное переувлажнение	Непригодны под плодовые, под остальные культуры - агротехнические мероприятия против переувлажнения
V	<p>Комплекс дерново-сильноподзолистых освоенных тяжелосуглинистых неоглеенных и поверхностно-глееватых (50%) почв (10)</p>	Временное переувлажнение	Непригодны для плодовых, овощных и картофеля, озимых зерновых. Под остальные культуры — агротехнические мероприятия по регулированию водно-воздушного режима
VI	<p>Пятнистость дерново-слабоподзолистых слабосмытых и дерново-среднеподзолистых несмытых тяжелосуглинистых почв.</p> <p>Комплекс-мозаика дерново-подзолистых среднесмытых тяжелосуглинистых и дерново-слабоподзолистых слабосмытых легкосуглинистых (30%) почв. Комплекс дерново-сильноподзолистых глееватых и дерново-подзолистых глееватых (30%) тяжелосуглинистых почв.</p> <p>Дерново-глеевые почвы (13, 14, 15, 17).</p>	Эродированность и избыточная влажность	Залужение
VII	<p>Комплекс аллювиальных дерновых супесчаных и аллювиальных луговых легкосуглинистых почв (18).</p>	Длительность поемного периода более 20 дн. Продолжительная поемность	Естественные сенокосы и пастбища

В почвенном очерке приводится полная характеристика агропроизводственных групп. При этом рекомендуется указывать, какие агропроизводственные группы данного землепользования относятся к лучшим, хорошим, средним, ниже среднего качества и к худшим по их свойствам и плодородию, в соответствии с принятой агропроизводственной группировкой почв области, края, республики. Обычно почвы первой агропроизводственной группы хозяйства относятся к более высокому качественному рангу, а последующие — к более низким.

37.4. Бонитировка почв

Бонитировка почв (от латинского *bonitas* — доброкачественность) — сравнительная оценка качества почв, их потенциально плодородия и производительной способности. Бонитет почв — показатель их качества, выраженный в баллах по отношению к почве с наиболее высоким потенциальным плодородием, балл которой принимается, обычно, равным 100%.

Оценку качества почв проводят по их свойствам, коррелирующим с урожайностью сельскохозяйственных культур. Отношение величины урожайности культуры или группы культур, в среднем за ряд лет, к баллу бонитета почвы представляет собой урожайную цену балла бонитета, которая является косвенным показателем уровня интенсивности и культуры земледелия.

Бонитировка почв развивалась вместе с наукой о почве. Научные основы бонитировки почв были разработаны В.В.Докучаевым и Н.М.Сибирцевым, которые в ее основу положили природные свойства почв. В России большое распространение получили региональные методы бонитировки, которые учитывали наряду с общерегиональными свойствами почв отдельных регионов, в наибольшей степени коррелирующие с урожайностью сельскохозяйственных культур. При этом В.В.Докучаев указывал, что свойства почв носят зональный характер, и в разных зонах свойства, используемые для оценки, должны быть различными. Поэтому в России большое развитие получили региональные подходы к бонитировке почв. Среди наиболее крупных региональных исследований по оценке плодородия почв следует отметить работы П.П.Адерихина, Н.А.Благовидова, Ф.А.Гаврилюка, С.Н.Тайчинова, Н.Ф.Тюменцева, А.С.Фатьянова, С.А.Шувалова и других авторов.

Н.А.Благовидов разработал бонитировку почв для Ленинградской и прилегающих к ней областей. В качестве критериев

оценки почв им предложены следующие показатели свойств почв: содержание гумуса, pH_{KCl} , мощность пахотного слоя, гранулометрический состав, свойства почвообразующих пород (наличие в них или отсутствие карбонатов), свойства подпахотного горизонта. Кроме того при общей оценке земель, помимо качества почв, учитываются мезо- и микрорельеф, водный режим, раздробленность угодий и размер производственных участков пашни, которые оказывают большое влияние на производительную способность почв.

А.С.Фатьянов для оценки почв Горьковской (Нижегородской) области использовал содержание гумуса, ЕКО, pH_{KCl} , содержание физической глины. За 100 баллов приняты свойства черноземов выщелоченных и оподзоленных, имеющие следующие показатели: гумус — 8%, ЕКО — 40 мг-экв/100 г, pH_{KCl} — 6, содержание физической глины — 50%.

Ф.Я.Гаврилюк для бонитировки почв Ростовской области использовал только два показателя: мощность гумусового горизонта (А+АВ) и запасы гумуса в гумусовом горизонте. При этом вводятся поправки на гранулометрический состав и эродированность почв.

В Почвенном институте им. В.В.Докучаева разработаны единые общероссийские бонитировочные шкалы зональных почв. Эта работа была начата под руководством С.С.Соболева и М.Н.Малышкина в 60-х годах прошлого столетия и продолжена Н.Н.Розовым, С.А.Шуваловым, И.И.Кармановым, Д.Н.Дурмановым, Л.Л.Шишовым, Д.С.Булгаковым и др. И.И.Кармановым разработаны общесоюзные бонитировочные шкалы для ряда ведущих сельскохозяйственных культур (табл.37.3). Баллы бонитета рассчитаны по отношению к лучшей почве в России для зерновых культур — типичному (слабовыщелоченному) предкавказскому чернозему центральной части Краснодарского края, оцененному в 100 баллов; урожайность на них принята за I.

При проведении бонитировки учитывались не только свойства почв, но и климатические показатели: сумма температур за вегетационный период, коэффициент увлажнения по Высоцкому-Иванову и коэффициент континентальности климата.

На основе анализа связей между почвенно-климатическими условиями и урожайностью сельскохозяйственных культур И.И.Карманов разработал формулы для расчета баллов бонитета зональных почв, используемых без орошения и при орошении, для зерновых культур, сахарной свеклы, кукурузы на зерно, многолетних трав, однолетних трав.

Примеры формул:

37.3. Баллы бонитетов зерновых (верхняя цифра), показатель относительной урожайности (нижняя цифра) и рост урожаев (во сколько раз)

Почвы	Природно-сельскохозяйственные провинции и регионы								
	Предкавказские			Среднерусские и южнорусские (центр)			Восточно-Сибирские		
	низкий уровень	высокий уровень	рост урожая	низкий уровень	высокий уровень	рост урожая	низкий уровень	высокий уровень	рост урожая
Дерново-подзолистые	-	-	-	<u>35</u> 0,35	<u>55</u> 1,32	3,8	<u>32</u> 0,32	<u>36</u> 0,74	2,3
Серые лесные	-	-	-	<u>40</u> 0,40	<u>58</u> 1,39	3,5	<u>38</u> 0,38	<u>38</u> 0,76	2,0
Черноземы выщелоченные	<u>93</u> 0,93	<u>93</u> 2,23	2,4	<u>52</u> 0,52	<u>63</u> 1,51	2,9	<u>45</u> 0,45	<u>46</u> 1,10	2,4
Черноземы типичные (включая слабовыщелоченные)	<u>100</u> 1,00	<u>100</u> 2,40	2,4	<u>54</u> 0,54	<u>60</u> 1,44	2,7	-	-	-
Черноземы обыкновенные	<u>68</u> 0,68	<u>69</u> 1,66	2,4	<u>50</u> 0,50	<u>51</u> 1,22	2,4	<u>40</u> 0,40	<u>34</u> 0,82	2,1
Черноземы южные	<u>56</u> 0,56	<u>52</u> 1,25	2,1	<u>45</u> 0,45	<u>40</u> 0,96	2,1	<u>35</u> 0,35	<u>27</u> 0,64	1,8
Темно-каштановые	<u>45</u> 0,45	<u>40</u> 0,96	2,1	<u>35</u> 0,35	<u>29</u> 0,70	2,0	<u>30</u> 0,30	<u>21</u> 0,50	1,7

для зерновых культур без орошения

$$B_z = 8,2 \cdot V \cdot \frac{\sum t > 10^\circ \cdot KY}{KK + 70},$$

для многолетних трав без орошения

$$B_M = 5,9 \cdot V \cdot \frac{(\sum t > 10^\circ + 2000^\circ) \cdot (KY - 0,1)}{KK + 100}.$$

В этих формулах B – балл бонитета; V – суммарный показатель свойств почв (табл. 37.4); $\sum t > 10^\circ$ – сумма температур выше 10°C ; KY – коэффициент увлажнения; KK – коэффициент континентальности.

Величина коэффициента континентальности климата рассчитывается по формуле:

$$KK = \frac{360 \cdot (t_{\max}^\circ - t_{\min}^\circ)}{\varphi + 10},$$

где KK – коэффициент континентальности климата; t_{\max}° – средне-месячная температура самого теплого месяца; t_{\min}° – среднемесячная температура самого холодного месяца; φ – широта местности.

Формулы расчетов баллов бонитета дают возможность рассчитывать эти баллы для зональных типов почв. Для оценки внутризональных почв отдельных землепользований вводятся коэффициенты по гранулометрическому составу, степени эродированности, гидроморфизму, содержанию гумуса, солонцеватости, засолению, щебнистости и др. В табл. 37.5 приведен пример поправоч-

37.4. Расчетные величины суммарного показателя свойств почв (V)

Почвы	V	Почвы	V
Подзолы и подзолистые	0,67	Лугово-черноземные:	
Дерново-подзолистые	0,73	лесостепной зоны	0,92
Бурые лесные	0,81	степной зоны	0,96
Светло-серые лесные	0,78	Темно-каштановые	0,86
Серые лесные	0,81	Каштановые	0,81
Темно-серые лесные	0,86	Светло-каштановые	0,78
Черноземы:		Лугово-каштановые	0,90
оподзоленные	0,92	Коричневые	0,85
выщелоченные	0,96	Серо-коричневые	0,88
типичные	1,00	Сероземы	0,90
обыкновенные	0,96	Лугово-сероземные	0,85
южные	0,92	Дерново-карбонатные:	
		типичные	0,92
		выщелоченные	0,90

37.5. Поправочные коэффициенты при расчете баллов бонитета почв по методу И.И.Карманова

Почвы	Дерново-подзолистые и серые лесные	Черноземы		Каштановые
		оподзоленные, выщелоченные и типичные	обыкновенные и южные	
На степень смывости				
Несмытые	1,00	1,00	1,00	1,00
Слабосмытые	0,82	0,85	0,82	0,80
Среднесмытые	0,67	0,70	0,67	0,62
Сильносмытые	0,45	0,48	0,45	0,42
На степень гидроморфизма				
Слабая	0,8-1,0	0,9-1,0	1,1-1,2	1,3-1,4
Средняя	0,7-1,0	—	—	—
На степень солонцеватости				
Слабосолонцеватые	—	0,87	0,85	0,82
Среднесолонцеватые	—	0,72	0,70	0,68
Сильносолонцеватые	—	0,57	0,55	0,52

ных коэффициентов на смывость, солонцеватость и степень гидроморфизма.

Бонитировка почв на основе почвенно-экологических индексов. И.И.Карманов разработал систему общей оценки почвенно-экологических условий для любых культур. В этой системе оценка производится с помощью почвенно-экологических индексов, которые рассчитываются по следующей формуле:

$$ПЭ_n = 12,5 \cdot (2 - p) \cdot n \cdot \frac{\sum t > 10^\circ \cdot (КУ - 0,05)}{КК + 100},$$

где $ПЭ_n$ — почвенно-экологический индекс; p — средневзвешенная плотность метрового слоя почвы; n — полезный (безбалластный) объем почвы; прочие показатели те же, что и в формулах для расчетов баллов бонитета для отдельных культур.

При расчете по этой формуле за 100 принят почвенно-экологический индекс для черноземов типичных Краснодарского края ($p = 1,2$; $n = 1,00$; $\sum t > 10^\circ = 3500$; $КУ = 0,8$; $КК = 162$).

Дополнительно вводятся поправки на содержание гумуса, питательных веществ, степень кислотности, солонцеватости, засоленности. Учитываются также крутизна и экспозиция склона. Совокупность климатических показателей в этой формуле позволяет рассчитать балл продуктивности климата. За 100 баллов принята продуктивность климата Краснодарского края, показатели которого были

приведены выше. Сопоставление почвенно-экологических индексов с урожайностью отдельных культур позволяют оценить эффективность их выращивания и общую культуру земледелия.

По результатам бонитировки почв составляется картограмма бонитировки, на которой отражены баллы бонитета почвенных разностей.

Материалы бонитировки используются для регулирования налоговых сборов и экономической оценки земель.

Глава 38. Агроэкологическая типология и классификация земель

Агропроизводственная группировка почв недостаточно учитывает важнейшие характеристики ландшафта, такие как рельеф, литологические, гидрологические и микроклиматические условия, поэтому наряду с агропроизводственной группировкой почв существуют и совершенствуются классификации земель.

Классификация земель – группировка земель (ландшафтов) для их рационального использования.

38.1. Классификация земель России

В принятой классификации земель России (Ю.В.Федорин, 1981) выделяются категории и классы земель.

Классы земель – участки с близкими природными и хозяйственными качествами, общностью использования, приемов окультуривания и охраны. Они выделяются по условиям рельефа, гранулометрическому составу почв и почвообразующих пород. Классы объединяются в категории по условиям увлажнения, пригодности использования под те или иные сельскохозяйственные угодья.

Всего выделено 7 категорий и 37 классов земель.

Категория 1. Земли, пригодные под пашню. В эту категорию объединены 14 классов, включающих земли водоразделов и склонов с крутизной до 10° и с временным переувлажнением.

Категория 2. Земли, пригодные преимущественно под сенокосы. Включает 4 класса пойменных луговых и внепойменных луговых (переувлажненных) земель.

Категория 3. Земли пастбищные, после улучшения могут быть использованы под другие сельскохозяйственные угодья. В категорию объединены 7 классов, включающие заболоченные, солонцеватые, склоновые (с крутизной более 10°), сильнокаменистые земли и задернованные пески.

Категория 4. Земли, пригодные под сельскохозяйственные угодья после коренных мелиораций. Включает 5 классов (болота солончаки, овражно-балочные комплексы, развеваемые пески).

Категория 5. Земли, малопригодные под сельскохозяйственные угодья. Включает 2 класса: болотные верховые и каменистые россыпи.

Категория 6. Земли, непригодные под сельскохозяйственные угодья. Включает 2 класса: обнажения скальных пород и ледники.

Категория 7. Нарушенные земли. Включает 2 класса: торфопереработки и горные выработки.

Классификация земель входит в систему природно-сельскохозяйственного районирования и является более детальным ее продолжением.

38.2. Агроэкологическая типизация и ландшафтно-экологическая классификация земель

На основе работ Л.Г.Раменского, В.М.Фридланда, К.В.Зворыкина, Г.С.Гриня, Я.М.Годельмана В.И.Кирюшин (1996, 2000) разработал новую систему агроэкологической типизации и ландшафтно-экологическую классификацию земель, которые являются основой для разработки адаптивно- ландшафтных систем земледелия.

Адаптивно-ландшафтные системы земледелия разрабатываются на основе агроэкологических требований растений, их средообразующего влияния и возможностей ландшафта и хозяйственной деятельности обеспечить эти требования. В основу типологии положен *агроэкологический тип земель* – “территория однородная по условиям возделывания сельскохозяйственной культуры или близких по экологическим требованиям культур”. В качестве первичного структурного элемента для выделения типов В.И.Кирюшин предложил *элементарный ареал агроландшафта (ЭАА)*, под которым понимается “участок на элементе мезорельефа, ограниченный элементарным почвенным ареалом или элементарной почвенной структурой, при одинаковых геологических, литологических и микроклиматических условиях”. Схема агроэкологической типизации земель представлена на рис.38.1.



**Рис. 38.1. Агроэкологическая типизация земель
(по В.И.Кирюшину, 2000)**

Ландшафтно-экологическая классификация земель, по В.И.Кирюшину, имеет следующее построение: агроэкологическая группа (ландшафты плакорные, эрозионные, переувлажненные, солонцовые) → агроэкологическая подгруппа (по степени проявления лимитирующих факторов) → разряды I порядка (местоположение по абсолютным высотам над уровнем моря) → разряды II порядка (по морфологическим типам рельефа) → классы (по генезису почвообразующих пород) → подклассы (по гранулометрическому составу почвообразующих пород) → роды (по мезоформам рельефа) → подро́ды (по крутизне склона и по экспозиции склона) → виды (по элементарным почвенным структурам) → подвиды (по контрастности и сложности ЭПС).

Лимитирующие факторы возделывания сельскохозяйственных культур данной классификации разделяются на четыре группы: управляемые (обеспеченность почв элементами минерального питания); регулируемые (реакция среды, окислительно-восстановительное состояние, содержание обменного натрия, засоление, мощность пахотного слоя и др.); *ограниченно регулируемые* (неоднородность почвенного покрова, связанная с микрорельефом, сложение, структурное состояние, водный и тепловой режимы, содержание гумуса и др.); *нерегулируемые* (гранулометрический состав, глубина залегания коренных пород, рельеф, погодные условия и др.).

В соответствии с характером лимитирующих факторов и набором мероприятий по их преодолению типы земель ранжируются по шести категориям.

I категория. Земли, пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур без особых ограничений, за исключением управляемых факторов.

II категория. Земли, пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур с ограничениями, которые могут быть преодолены простыми агротехническими, мелиоративными и противоэрозионными мероприятиями. Они делятся на две группы:

1) с ограничениями, преодолеваемыми простыми агротехническими и мелиоративными мероприятиями (известкование, углубление пахотного слоя, уборка камней и др.);

2) с ограничениями, преодолеваемыми с помощью агротехнических мелиораций и противоэрозионных мероприятий (почвозащитные системы земледелия, глубокое рыхление и др.).

III категория. Земли, пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур с ограничениями, которые могут быть преодолены среднетратными гидротехническими, химическими, лесомелиоративными и комплексными мелиорациями. Они делятся на три группы:

1) переувлажненные земли, которые могут быть улучшены простыми дренажными системами;

2) земли, требующие затратных агротехнических, химических, комбинированных мелиораций (мелиоративные обработки и химические мелиорации);

3) земли, требующие противоэрозионных, гидротехнических и лесомелиоративных мероприятий при контурной организации территории.

IV категория. Земли, малоприспособленные для возделывания сельскохозяйственных культур вследствие неустраняемых ограничений

по условиям литологии почвообразующих пород (маломощные почвы с близким залеганием коренных пород).

V категория. Земли, потенциально пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур после сложных гидротехнических мелиораций (болотные, солончаки, такыры и др.).

VI категория. Земли, непригодные для возделывания сельскохозяйственных культур из-за неустранимых ограничений и очень низких возможностей адаптации. Эти земли предполагается классифицировать далее по условиям использования под пастбища, лесные угодья и для других целей.

Формирование агроэкологических типов земель. Типы земель формируются путем объединения ЭАА, отвечающих требованиям возделывания определенной культуры или группы культур. Для этого агроэкологические требования культур сопоставляют с характеристиками ЭАА (микроклимат, рельеф, грунтовые воды, свойства почв и др.). При соответствии требований культур и характеристик ЭАА его относят к первой категории земель, как не имеющих экологических ограничений, за исключением управляемых факторов. Если ЭАА не удовлетворяет культуры по каким-то показателям, то его относят к соответствующим последующим категориям. В первую очередь выделяют агроэкологические типы земель для наиболее требовательных к почвенно-экологическим условиям культур (плодовые, овощные, виноградники и др.), затем для севооборотов с наиболее требовательными полевыми культурами (сахарная свекла, кукуруза, картофель и др.), далее — по возрастающей устойчивости к лимитирующим факторам для севооборотов с менее требовательными культурами, многолетних трав, сенокосов и пастбищ. При этом учитывается уровень интенсификации производства и предусматривается предотвращение процессов деградации агроландшафтов. В таблице 38.1. представлен пример типизации земель хозяйства таежно-лесной зоны.

38.1. Экспликация агроэкологических типов земель хозяйства таежно-лесной зоны (по В.И.Кирюшину, 2000)

Агроэкологические группы земель	Агроэкологические типы земель	Категории	Возможности использования
Зональные	<p>1. Дерново-подзолистые среднесуглинистые высококультуренные почвы на покровных отложениях на водораздельной равнине с уклонами 1-2°</p> <p>2. То же – окультуренные</p> <p>3. Пятнистости дерново-слабоподзолистых и дерново-среднеподзолистых супесчаных освоенных почв, подстилаемых суглинками с глубины 1 м, на равнине с уклонами 1-2°</p>	<p>I</p> <p>I</p> <p>II-1</p>	<p>Целесообразно использовать для возделывания наиболее требовательных овощных культур</p> <p>Пригодны для возделывания наиболее требовательных полевых культур (корнеплоды, кукуруза, озимая пшеница и др.) без особых ограничений</p> <p>Целесообразно использовать для возделывания картофеля, озимой ржи, кормового люпина на фоне мероприятий по окультуриванию.</p>
	Эрозионные	<p>1. Пятнистости дерново-слабоподзолистых и дерново-среднеподзолистых и слабосмытых среднесуглинистых освоенных почв на покровных суглинках на волнистой равнине с уклонами до 3°</p> <p>2. Дерново-слабосмытые и среднеподзолистые среднесуглинистые освоенные почвы в комплексах со слабо- и среднесмытыми — 20-50% и слабоглееватыми — до 10% на покровных суглинках на волнистоувалистых равнинах с уклонами до 7°</p> <p>3. Дерново-подзолистые суглинистые средне- и сильносмытые в комплексе со слабоглееватыми и глееватыми — 20-30% на холмистоувалистых равнинах с уклонами до 7°</p>	<p>II-2</p> <p>II-2</p> <p>III-3</p>

Эрозионные	4. Мозаики дерново-подзолистых среднесуглинистых и песчаных почв слабо- и среднесмытых на ледниковых двучленных отложениях на волнисто-холмистой равнине.	IV	Возможно использование в качестве сенокосов и пастбищ
Полугидроморфно-зональные	1. Дерново-подзолистые среднесуглинистые в комплексе со слабоглееватыми и глееватыми до 50%, в том числе глееватыми до 10% на слабо дренированной равнине. Дерново-подзолистые тяжелосуглинистые в комплексах с глееватыми до 30%, глеевыми до 10% и слабоглееватыми.	II-1	Возможно возделывание яровых зерновых, зернобобовых культур, однолетних и многолетних трав
		III-1	Можно использовать как сенокосы. Для более интенсивного освоения необходимо осушение.
Полугидроморфно-эрозионные	Комплексы дерново-подзолистых тяжелосуглинистых, дерново-подзолистых слабо- и среднесмытых с участием слабоглееватых и глееватых почв до 40%, в т. ч. глееватых до 20% и намывных до 10% на морене (холмистая равнина)	IV	Возможно использование как сенокосов и пастбищ.
Полугидроморфные	Дерново-подзолистые средне-тяжелосуглинистые глееватые и глеевые на покровных отложениях пологих понижений	III-1	Используются как сенокосы. Более интенсивное использование возможно при осушении.

Примечание: Категории агроэкологических типов земель устанавливаются по характеру природных ограничений пригодности для использования и способу их преодоления в соответствии с группировкой.

Глава 39. Использование материалов почвенных исследований

Материалы почвенных исследований используются для землеустройства территории, разработки систем земледелия, проектов мелиоративных систем осушения и орошения, химической мелиорации, коренного улучшения, для экономической оценки земель и других проектов природопользования.

39.1. Использование материалов почвенных исследований при землеустройстве, осушении и орошении

Почвенные карты, карты агроэкологических типов земель, картограммы и сопровождающие их пояснительные записки являются основой для составления проекта и плана землеустройства землепользования. В таких проектах выделяют территории разного целевого назначения: населенные пункты, отвод земель под застройку, многолетние насаждения (сады, виноградники, чайные плантации и др.), лесополосы, почвозащитные и водоохранные лесонасаждения, севообороты, сенокосы и пастбища, участки для коренного улучшения почв, для осушения, орошения и др. В первую очередь учитывается качество почв и их охрана от деградационных процессов, сохранение и повышение уровня плодородия. Под многолетние насаждения (сады, виноградники, чайные плантации) выбирают лучшие почвы хозяйства, отвечающие требованиям этих культур к почвенно-экологическим условиям.

В таежно-лесной зоне под сады выбирают теплые, защищенные от северо-восточных ветров склоны южной и юго-западной экспозиции. При этом уровень застойных и слабопроточных грунтовых вод должен быть глубже 2,5-3 м для семечковых культур, 2 м — для косточковых и 1-1,5 м — для крыжовника, смородины, малины. Почвы не должны содержать огленных горизонтов в пределах корнеобитаемой толщи. Мощность рыхлой толщи без плотных прослоек должна соответствовать размерам корневых систем плодовых культур. Плотность горизонтов в корнеобитаемой толще не должна превышать 1,5 г/см³. Оптимальными по гранулометрическому составу для плодовых культур в таежно-лесной зоне являются легкосуглинистые, среднесуглинистые и супесчаные почвы. На песчаных почвах проявляется недостаток влаги, а на тяжелых — лимитирующими факторами является повышенная плотность и избыток влаги.

Свойства серых лесных почв и черноземов северной лесостепи отвечают требованиям большинства плодовых культур. Здесь также предпочтительнее теплые, хорошо дренируемые склоны. По гранулометрическому составу оптимальными являются средне- и тяжелосуглинистые почвы, хорошо оструктуренные, которые накапливают больше влаги по сравнению с легкими почвами.

В степной и сухостепной зонах для садов выбирают склоны северной и примыкающих к ней экспозиций, которые имеют лучшие условия увлажнения по сравнению с южными. Не пригодны под

ы солончаки, средне- и сильнозасоленные почвы, солонцы, дне- и сильно солонцеватые почвы, солоди и осолоделые почвы.

Предельно допустимая глубина залегания грунтовых вод для довых насаждений зависит от степени их минерализации, со- за солей и требований плодовых культур (табл.39.1).

При слабой степени засоления и солонцеватости необходи- учитывать величину рН. При величине рН в корнеобитаемом

39.1. Предельно допустимая глубина залегания грунтовых вод для плодовых насаждений в зависимости от проточности и химического состава (по В.Ф.Валькову, 1985)

Классификация	Характер засоления	Минимально допустимая глубина залегания грунтовых вод, м			
		застойных		проточных	
		для яблони, груши, абрикоса, персика, черешни	для сливы, вишни, айвы, яблони на парадизке	для яблони, груши, абрикоса, персика, черешни	для сливы, вишни, айвы, яблони на парадизке
слабая (до 5 г/л)	Преобладают нейтральные и нетоксичные соли	2,0-2,5	1,5-2,0	1,2-1,5	1,0
	Преобладают щелочные соли (более 2 мг-экв на 1 л)	3,0-3,5	2,0-2,5	3,0	2,5
слабая (2,0)	Преобладают нетоксичные соли (сумма щелочных солей не более 2 мг-экв на 1 л)	2,0-2,5	1,5-2,0	1,2-1,5	1,0
	Преобладают токсичные соли (сумма щелочных солей более 2 мг-экв на 1 л)	3,0-3,5	2,0-2,5	3,0	2,5
средняя (6,0)	Количество нетоксичных солей равно или больше суммы нейтральных токсичных солей (щелочных солей не более 2 мг-экв на 1 л)	2,5-3,0	2,0	—	—
	Преобладают нейтральные токсичные соли или сумма щелочных солей более 2 мг-экв на 1 л	3,0-3,5	2,0-2,5	—	—
сильная (более 10 г/л)	Любой	3,5-4,0	2,5-3,0	—	—

слое до 8,5 почвы пригодны под все плодовые культуры. При более высоких значениях щелочности пригодность зависит от требований культур. Наиболее устойчивыми к щелочности почв являются абрикос, слива, айва, для которых пригодны почвы с величиной рН 8,5-8,8.

Плотность горизонтов почв в пределах корнеобитаемого слоя для большинства плодовых культур не должна превышать 1,5 г/см³.

Оптимальными по гранулометрическому составу в степной и сухостепной зоне в условиях орошения являются легко- и среднесуглинистые почвы; без орошения — средне- и тяжелосуглинистые, хорошо оструктуренные почвы.

Повышенное содержание карбонатов, особенно активных форм (более 5-10%), в почвах снижает урожай плодовых культур из-за снижения подвижности железа в присутствии карбонатов и заболевания хлорозом.

Для винограда пригодны теплые, хорошо дренированные склоны с эродированными и карбонатными легкосуглинистыми среднегумусированными почвами. Допустима щебнистость почвенного профиля. Оптимальная плотность — 1,2-1,3 г/см³. Оптимальная реакция — слабощелочная (рН 7,1-7,2). Несмотря на устойчивость винограда к засолению почв и карбонатности, содержание токсичных солей не должно превышать 0,1% на супесчаных почвах и 0,25-0,30% — на суглинистых; предельное содержание карбонатов, по данным В.Г.Унгурияна, в зависимости от сорта колеблется от 7 до 28%, а активных карбонатов — 8-18 мг-экв/л почвенного раствора.

Необходимо отметить, что количественные параметры засоленности, солонцеватости, карбонатности зависят от гранулометрического, минералогического и химического состава почв, уровня гумусированности и имеют зональные и региональные различия. Кроме того предельные количественные показатели этих свойств определяются не только видом культуры, но и сортом.

Под овощные культуры отводят наиболее плодородные окультуренные, высокогумусированные почвы с хорошими условиями увлажнения. Лучшими для овощных севооборотов во всех зонах являются аллювиальные луговые почвы пойм, обогащенные элементами питания, хорошо оструктуренные, с дополнительным увлажнением за счет грунтовых вод. Близкое расположение от источника влаги позволяет в поймах проводить орошение овощных культур. Пригодны для многих овощных культур торфяные и торфяно-глеевые осушенные почвы.

Для осушения заболоченных и болотных почв составляют до-

полнительные почвенно-мелиоративные карты и ботанико-культуртехнические карты. На почвенно-мелиоративных картах кроме почвенного покрова детально отражается литология до глубины 3 и более метров, уровень залегания и минерализации грунтовых вод, приводятся сведения о водно-физических и физико-механических свойствах почв. Масштаб этих карт соответствует масштабу генерального плана проекта осушения земель. Ботанико-культуртехнические карты отражают состояние растительности: высоту и диаметр деревьев, кустарников и мелкокося, засоренность камнями, наличие пней. Эта карта используется для проведения культуртехнических работ (раскорчевка деревьев и кустарников, уборка камней и др.).

В зависимости от уровня залегания грунтовых вод определяют нормы и системы осушения.

Для орошения земель также дополнительно составляются почвенно-мелиоративные карты и специальные картограммы. Они служат основой для организации территории, предотвращения заболачивания, засоления и ирригационной эрозии. При этом учитываются рельеф, гранулометрический состав почв, химизм засоления и глубина залегания солевых горизонтов, солевой состав и степень минерализации грунтовых вод. Эти показатели позволяют определить пригодность почв для орошения, разработать систему орошения, установить нормы и технику полива.

39.2. Использование материалов почвенных исследований при разработке систем земледелия

Для разработки систем земледелия используют картограммы агропроизводственной группировки, карты типизации земель, картограммы эродированности почв, солонцеватости, засоления, другие виды сопровождающих картограмм и пояснительные записки к ним.

Адаптивно-ландшафтная система земледелия, по В.И.Кирюшину, – “это система использования земли определенной агроэкологической группы, ориентированная на производство продукции экономически и экологически обусловленного количества и качества в соответствии с общественными (рыночными) потребностями, природными и производственными ресурсами, обеспечивающая устойчивость агроландшафта и воспроизводство почвенного плодородия”. Совокупность адаптивно-ландшафтных

систем земледелия в пределах природно-сельскохозяйственной провинции названа зонально-провинциальным комплексом (рис.38.1), а в пределах сельскохозяйственного предприятия — хозяйственным агрокомплексом.

Системы земледелия, разрабатываемые для агроландшафтов с почвами низкого потенциального плодородия (дерново-подзолистые, светло-серые лесные, эродированные, переувлажненные и др.), должны быть ориентированы на повышение уровня плодородия; с почвами высокого потенциального плодородия (темно-серые, черноземы и др.) — на предотвращение деградиционных процессов и сохранение плодородия.

Системы земледелия включают системы удобрений, обработки почв, химических и водных мелиораций, севооборотов, борьбы с сорняками и др. Материалы почвенных обследований используются во всех звеньях систем земледелия.

Системы земледелия на плакорных, хорошо дренируемых землях позволяют максимально интенсифицировать и применять современные технологии выращивания всех районированных сельскохозяйственных культур, которые разрабатываются с учетом гранулометрического состава, физико-химических, агрохимических и других свойств почв. В зависимости от свойств почв дифференцируются дозы извести при известковании кислых почв, дозы органических удобрений, нормы и виды минеральных удобрений.

На склоновых, подверженных эрозии землях главное внимание уделяется мероприятиям по защите почв от эрозии. Это *организационно-хозяйственные мероприятия*, направленные на организацию территории с учетом предполагаемых мер по преодолению эрозионных процессов (размещение почвозащитных севооборотов, границ полей, лесонасаждений и др.)

Агротехнические мероприятия: почвозащитные обработки (глубокое рыхление без оборота пласта, контурные обработки), регулирование поверхностного стока дождевых и талых вод (щелевание, прерывистое бороздование, лункование и др.); фитомелиоративные (севообороты с многолетними травами, занятые пары, залужение ложбин, полосное размещение сельскохозяйственных культур и др.); внесение повышенных (на 20-30%) доз минеральных и органических удобрений.

Лесомелиоративные мероприятия — это создание защитных насаждений различного назначения: полезащитные лесные и кустарниковые полосы, закладываемые поперек склонов, приовражные лесные полосы, насаждения по откосам и днищам оврагов, водозащитные насаждения по берегам рек, сплошное залесение

сильноэродированных земель, непригодных для сельскохозяйственного использования.

Гидротехнические мероприятия: террасирование склонов, донные сооружения по днищам оврагов, сооружения в верхней части оврагов (лотки, водотоки), останавливающие их дальнейший рост.

На дефлированных землях почвозащитные системы земледелия включают агротехнические мероприятия, направленные на сохранение влаги и обеспечение защиты поверхности почв от выдувания: снегозадержание, безотвальная вспашка с оставлением стерни, полосное земледелие, включающее почвозащитные севообороты с многолетними травами, ветрозащитные лесные полосы.

На переувлажненных землях системы земледелия дифференцированы в зависимости от степени переувлажнения почв, глубины залегания грунтовых вод, состава почвенного покрова. Ф.Р.Зайдельман разделяет переувлажненные земли на три группы: 1) пригодные для использования без осушительных мероприятий (слабоглееватые почвы легкого гранулометрического состава, непригодные без осушения только для плодовых культур и озимых зерновых); 2) пригодные для использования без осушения под отдельные культуры при определенных условиях (слабоглееватые почвы тяжелого гранулометрического состава и глееватые легко- и среднесуглинистые); их можно использовать под улучшенные сенокосы без осушительных мероприятий, под остальные культуры требуется создание дренажа, который эффективен, как правило, только во влажные годы; 3) не пригодные для интенсивного использования без осушительных мероприятий (тяжелосуглинистые и глинистые глееватые, глеевые, торфяно-глеевые и торфяные почвы).

Для сохранения болотных торфяных почв от ветровой эрозии, биохимической сработки торфа, чрезмерного иссушения используют различные приемы: пескование, глинование, повышение доли многолетних трав.

На засоленных землях системы земледелия дифференцированы в зависимости от состава почвенного покрова, химизма и степени засоления почв, уровня и минерализации грунтовых вод. Перспективными являются направления на создание солеустойчивых сортов растений. Системы земледелия здесь включают химические мелиорации (гипсование, кислование солонцов и солонцеватых почв), специальные глубокие обработки с оборотом пласта (самогипсование) и глубокое рыхление при орошении и промывках солей.

39.3. Использование материалов почвенных исследований для разработки мероприятий по охране и восстановлению почв и агроландшафтов

Взросшие антропогенные нагрузки на агроландшафты приводят к нарушению экологических функций почвенного покрова: биоэкологических, биогеохимических, газоатмосферных и других. Процессы антропогенного опустынивания, водной и ветровой эрозии, вторичного засоления, осолонцевания, заболачивания, загрязнения химическими веществами и радионуклидами, нарушения горными выработками, переуплотнения, обесструктурирования, дегумификации и др. приводят к деградации почв и агроландшафтов. Поэтому материалы почвенных исследований постоянно совершенствуются и дополняются новыми видами карт и картограмм, отражающих степень и масштабы деградации почв. Так, в настоящее время проводится мониторинг (слежение и контроль) почвенного покрова, составляются карты загрязнения почв тяжелыми металлами, радионуклидами, нефтепродуктами, прогнозов состояния почвенного покрова в связи с антропогенными нагрузками и др. На основе этих карт и сопровождающих материалов разрабатываются меры по предотвращению деградации почв и ландшафтов. Ландшафты, полностью или в значительной мере утратившие свои функции, подлежат рекультивации.

Рекультивация земель включает комплекс горно-технических, мелиоративных, сельскохозяйственных, лесохозяйственных и других видов работ, направленных на восстановление нарушенного плодородия территорий и создания на них культурных ландшафтов. Большие объемы работ по рекультивации земель проводятся в Кузбассе, на Урале, в Курской области, в Подмосковье и других регионах, где ландшафты нарушены при добыче полезных ископаемых открытым способом, горными выработками шахт и рудников. При рекультивации земель, нарушенных горными выработками, проводят планировку местности и различные способы восстановления плодородия грунтоотвалов (известкование, внесение удобрений, промывка от солей и др.) в зависимости от свойств грунтов. При сильной степени загрязнения и неудовлетворительных свойствах грунтов применяется перекрытие их слоем разной мощности плодородных грунтов, которые рекомендуется штабелевать перед началом выработок и сохранять до завершения работ. После создания плодородного слоя проводят залужение, залесение отвалов, используют их под пашню или другие угодья.

39.4. Использование материалов почвенных исследований при экономической оценке земель и в земельном кадастре

Экономическая оценка земель базируется на учете качества почв, их потенциального плодородия и других особенностей территории: рельефа, удаления от рынков сбыта сельскохозяйственной продукции и других условий местоположения земель. При этом определяется цена земли. Потенциальное плодородие достаточно полно и объективно определяется методом расчета почвенно-экологических индексов, по И.И.Карманову, который описан в разделе “Бонитировка почв”. Особенности территории учитываются с помощью технологических коэффициентов (Л.Л.Шишов, И.И.Карманов, Д.Н.Дурманов, 1987) на почвенные зоны (подзоны), общие условия рельефа (равнины, горные территории с разной степенью расчленения) и на уклоны конкретного участка. Коэффициенты на зональные и подзональные особенности возрастают от 0,9 — в лесо-таежной до 1,25 в степной и сухостепной зонах. Коэффициенты на условия рельефа и уклон конкретного участка также дифференцированы по зонам и составляют, соответственно, 0,8 — 1,5 и 0,6 — 1,02 с севера на юг. Кроме того введен коэффициент на местоположение, величины которого варьируют от 6,0 (район Сочи), 2,5-3,0 — в Центрально-Черноземных областях и до 1,0 в слабозаселенных территориях и труднодоступных горных местностях. Чтобы перейти от величин почвенно-экологических индексов и поправочных коэффициентов к цене почв в денежном выражении, устанавливают цену единицы почвенно-экологического индекса в руб/га пашни. Она должна быть соизмеримой со стоимостью продукции, которая может дать почва за достаточно длительный срок. Рассчитанная по этому методу цена 1га на черноземах пашни в Краснодарском крае в 2,5 раза выше по сравнению с ценой 1 га на серых лесных почвах в Тульской области и в 5 раз выше цены 1 га пашни на дерново-подзолистых почвах Новгородской области.

Земельный кадастр. Под земельным кадастром понимают реестр, опись и оценку земель по их продуктивности. Он содержит совокупность сведений о природном, хозяйственном и правовом положении земель и включает данные регистрации землепользователей, учета количества земель, бонитировки и экономической оценки земель. Данные государственного земельного кадастра служат целям организации эффективного использования земель и их охраны, планирования народного хозяйства, размещения и спе-

циализации сельскохозяйственного производства. Главной задачей земельного кадастра России является учет количества и качества земельных ресурсов страны в целом, а также республик, краев, областей, районов и отдельных землепользователей.

Земельные ресурсы России. Общая площадь России составляет 1 709 503,7 тыс га. По данным Федеральной службы земельного кадастра России, сельскохозяйственные угодья на 1 января 2000 г занимали площадь 189 342,3 тыс га, в том числе пашня – 116 110,6 тыс га, залежи – 2 366,6 тыс га, многолетние плодовые насаждения – 1 246,3 тыс га, кормовые угодья – 69 668,8 тыс га. Леса и кустарники, без оленьих пастбищ, составляют 45,5% площади России.

Пахотный фонд России представлен следующими почвами (% к общей площади пашни):

Подзолистые и дерново-подзолистые	14,7
Дерновые, дерново-карбонатные, светло-серые и серые лесные	10,8
Темно-серые лесные и черноземы оподзоленные	9,5
Черноземы выщелоченные, типичные, обыкновенные, лугово-черноземные	40,2
Черноземы южные, темно-каштановые и лугово-каштановые	14,4
Каштановые и светло-каштановые	4,6
Аллювиальные	0,6
Болотные	0,1
Солонцы, солончаки и солоды	3,4
Прочие	1,7

50% площади пашни характеризуются недостаточностью тепловых ресурсов, 10 – крайне слабо обеспечены влагой, около 50% подвержены водной эрозии и дефляции. Площадь осушенных земель составляет 2%, орошаемых – около 5%. Низкую обеспеченность подвижным фосфором имеют 20% почв, обменным калием – 10%. Более 30% площади пашни нуждаются в известковании.

Баллы бонитетов почв таежно-лесной зоны европейской части России находятся в пределах 18-25; Центрально-Черноземных областей – 37-45; Краснодарского края – 68,3 (самый высокий); Западной Сибири – 30-35; Восточной Сибири и Дальнего Востока – 18-30.

Эффективность использования земель определяется социально-экономическими причинами и до настоящего времени на преобладающих площадях остается на низком уровне.

Литература

1. Александрова Л.Н. Органическое вещество почв и процессы его трансформации. — Л.: Наука, 1980.
2. Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. — МГУ. 1989.
3. Борголов И.Б. Курс геологии (с основами минералогии и петрографии). — М.: Агропромиздат. 1991.
4. Вальков В.Ф. Почвенная экология сельскохозяйственных растений. — М.: Агропромиздат. 1986.
5. Вильямс В.Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения. — М.: Сельхозгиз. 1947.
6. Владычинский А.С. Особенности горного почвообразования. — М.: Наука. 1998.
7. Гаврилюк Ф.Я. Бонитировка почв. — М.: Высшая школа. 1974.
8. Гаель А.Г., Смирнова Л.Ф. Пески и песчаные почвы. — М.: ГЕОС. 1999.
9. Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А. Гумусообразование и агрономическая оценка органического вещества почв. — М.: Агроконсалт. 1997.
10. Гедройц К.К. Избранные сочинения, Т. I-III. — М.: Сельхозгиз. 1955.
11. Геннадиев А.Н. Почвы и время: модели развития. — М.: Изд-во МГУ. 1990.
12. Герасимова М.И. География почв СССР. — М.: Высш. шк. 1987.
13. Глазовская М.А. Почвы мира. — М.: Изд-во МГУ. 1972.
14. Глазовская М.А. Общее почвоведение и география почв. — М.: Высш.шк.. 1981.
15. Горбунов М.И. Минералогия и физическая химия. — М.: Наука. 1978.
16. Гришина Л.А. Гумусообразование и гумусовое состояние почв. — М.: МГУ. 1986.
17. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. — М.: Наука. 1990.
18. Добровольский Г.В., Трофимов С.Я. Систематика и классификация почв (история и современное развитие). — М.: Изд-во МГУ. 1996.
19. Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв. — М.: Изд-во МГУ. 1984.
20. Докучаев В.В. Русский чернозем. Соч. т. III. — М.; Л.: АН СССР. 1949.
21. Дюшофур Ф. Основы почвоведения. — М.: Прогресс. 1970.
22. Ефимов В.Н. Торфяные почвы и их плодородие. — Л.: Агропромиздат. 1986.

23. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация заболоченных почв Нечерноземной зоны РСФСР. – М.: Колос. 1981.
24. Звягинцев Д.С. Почва и микроорганизмы. – М.: Изд-во МГУ. 1987.
25. Зонн С.В. История почвоведения России в XX веке. Части I и II. – М.: Ин-т Географии РАН. 1999.
26. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. – Новосибирск: Наука. 1991
27. Карманов И.И. Плодородие почв СССР. – М.: Колос. 1980.
28. Кауричев И.С. Агрономическая характеристика почв. – М.: Изд-во МСХА. 1989.
29. Кауричев И.С., Орлов Д.С. Окислительно-восстановительные процессы и их роль в генезисе и плодородии почв. – М.: Колос. 1982.
30. Ковда В.А. Основы учения о почве. Кн. I и II. – М.: Наука. 1981.
31. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова. – М.: Наука. 1985.
32. Ковриго В.П., Кауричев И.С., Бурлакова Л.М. Почвоведение с основами геологии. – М.: Колос. 2000.
33. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос. 1996.
34. Кирюшин В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика. – М.: Изд-во МСХА. 2000.
35. Кирюшин В.И., Ганжара Н.Ф., Кауричев И.С., Орлов Д.С., Титлянова А.А., Фокин А.Д. Концепция оптимизации органического вещества в агроландшафтах. – М.: Изд-во МСХА. 1993.
36. Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Колос . 1977.
37. Классификация почв России. Составители: Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И. – М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, РАСХН. 1997.
38. Кононова М.М. Органическое вещество, его природа, свойства и методы изучения. – М.: Изд-во АН СССР. 1963.
39. Костычев П.А. Почвы черноземной области России. – М.: Сельхозгиз. 1949.
40. Крупенников И.А. История почвоведения. – М.: Наука. 1981.
41. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв. – М.: Изд-во МГУ. 1996.
42. Ларешин В.Г., Ерошкина А.Н. Минералы, их диагностика и роль в почвообразовании. – М.: Изд-во РУДН. 2000.
43. Ливеровский Ю.А. Почвы СССР. – М.: Мысль. 1974.
44. Муха В.Д., Карамышев Н.И., Кочетов И.С., Муха Д.В. Агрочесоведение. – М.: Колос. 1994.

45. Неговелов С.Ф., Вальков В.Ф. Почвы и сады. Изд-во Ростовского Университета. 1985.
46. Орлов Д.С. Химия почв. — М.: Изд-во МГУ. 1985.
47. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И. Органическое вещество почв Российской Федерации. — М.: Наука. 1996.
48. Почвоведение / Под ред. А.С.Фатьянова и С.Н. Тайчинова. — М.: Колос. 1972.
49. Почвоведение / Под ред. И.С.Кауричева. — М.: Агропромиздат. 1989.
50. Почвоведение / Под ред. В.А.Ковды и Б.Г.Розанова. Ч I и II. — М.: Высш.шк. 1988.
51. Роде А.А. Основы учения о почвенной влаге. Т. I. — М.: Наука. 1965.
52. Роде А.А., Смирнов В.Н. Почвоведение. — М.: Высш.шк. 1972.
53. Родин Л.Е., Базилевич Н.И. Динамика органического вещества и биологический круговорот веществ в основных типах растительности. — М.; Л.: Наука. 1965.
54. Рожков В.А., Рожкова С.В. Почвенная информатика. — М.: МГУ. 1993.
55. Русский чернозем — 100 лет после Докучаева. — М.: Наука. 1983.
56. Соколова Т.А. Глинистые минералы в почвах гумидных областей СССР. — Новосибирск: Наука. 1985.
57. Соколов И.А. Почвоведение и экзогенез. Почв. ин-т им. В.В.Докучаева. 1997.
58. Составление и использование почвенных карт / Под Ред. А.Д.Кашанского. — М.: Агропромиздат. 1987.
59. Таргульян В.О. Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях. — М.: Наука. 1971.
60. Толстой М.П. Геология с основами минералогии петрографии. — М.:Высш.шк. 1968.
61. Тюрин И.В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. — М.: Наука. 1965.
62. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова. — М.: Мысль. 1972.
63. Почвы Московской области / Под ред. Кораблевой. — М.: Московский рабочий. 1974.
64. Шишов Л.Л., Карманов И.И., Дурманов Д.Н. Критерии и модели плодородия почв. — М.: Агропромиздат. 1987.
65. Stolbovoi V.S. Soils of Russia: Correlated with the Revised Legend of the FAO Soil Map of the World and World Reference Base for Soil Resources. — Austria. Laxenburg. Inter/ Inst. for Applied Analysis // ASA. — 2000.

Оглавление

Предисловие	3
Введение	5
<i>Почва — четырехфазная система (6); Связь почвоведения с другими науками. Разделы почвоведения (9); Методы исследования в почвоведении (10); Основные этапы развития почвоведения (13)</i>	
Часть I. Место почв в системе геосфер. Факторы и процессы почвообразования	18
Глава 1. Строение и состав сфер Земли.....	18
Глава 2. Выветривание, большой геологический круговорот веществ	26
<i>2.1. Виды выветривания (26); 2.2. Большой геологический круговорот веществ (28)</i>	
Глава 3. Почвообразующие породы, их происхождение, состав и агроэкологическая оценка	29
<i>3.1. Магматические горные породы (29); 3.2. Метаморфические горные породы (30); 3.3. Осадочные горные породы (30); 3.4. Главные генетические типы четвертичных осадочных пород (32); 3.5. Влияние почвообразующих пород на свойства почв (36)</i>	
Глава 4. Рельеф, его роль в почвообразовании	37
<i>4.1. Типы рельефа и их распространение (38); 4.2. Формы и виды мезорельефа (40); 4.3. Грунтовые воды (44); 4.4. Влияние рельефа на геохимические процессы ландшафтов (47)</i>	
Глава 5. Климат, его роль в почвообразовании	50
Глава 6. Биологические факторы почвообразования	53
<i>6.1. Зеленые растения, малый биологический круговорот веществ (54); 6.2. Роль животных в почвообразовании (56); 6.3. Роль микроорганизмов в почвообразовании (60); 6.4. Ферменты (63)</i>	
Глава 7. Возраст почв	63
Глава 8. Хозяйственная деятельность человека как фактор почвообразования	65
<i>8.1. Эрозия почв (66); 8.2. Дефляция почв (73); 8.3. Загрязнение почв химическими веществами (75);</i>	
Глава 9. Процессы почвообразования.....	80

Часть II. Состав, свойства и режимы почв	87
Глава 10. Морфология почв	87
Глава 11. Гранулометрический состав почв	96
11.1. Классификация почв по гранулометрическому составу (97);	
11.2. Агроэкологическая оценка гранулометрического состава почв (98)	
Глава 12. Минералогический состав почв и почвообразующих пород	101
12.1. Первичные минералы (102); 12.2. Вторичные минералы (105); 12.3. Агроэкологическое значение минералогического состава почв (109)	
Глава 13. Химический состав почв и почвообразующих пород	110
13.1. Содержание химических элементов в почвах и почвообразующих породах (110); 13.2. Формы соединений химических элементов в почвах (111); 13.3. Агроэкологическая оценка химического состава почв (113)	
Глава 14. Органическое вещество и органо-минеральные соединения в почвах	114
14.1. Состав органического вещества почв (114); 14.2. Состав и свойства гумусовых веществ (115); 14.3. Органо-минеральные соединения в почвах (117); 14.4. Процессы трансформации органических веществ в почвах. Гумусообразование (119); 14.5. Гумусовое состояние почв зонального ряда (125); 14.6. Факторы и условия гумусообразования (127); 14.7. Особенности условий гумусообразования и состояния органического вещества пахотных почв (132); 14.8. Роль органических веществ в почвообразовании, плодородии почв и питании растений (134); 14.9. Способы прогноза и оптимизации состояния органического вещества в пахотных почвах (139)	
Глава 15. Поглотительная способность и физико-химические свойства почв	143
15.1. Виды поглотительной способности почв (143); 15.2. Почвенный поглощающий комплекс (ППК) (145); 15.3. Физическое состояние почвенных коллоидов (146); 15.4. Обменное поглощение катионов (147); 15.5. Поглощение почвами анионов (149); 15.6. Кислотность почв, её виды (150); 15.7. Агроэкологическая оценка и способы оптимизации физико-химических свойств почв, ненасыщенных основаниями (152); 15.8. Щёлочность почв, её виды, способы снижения (153); 15.9. Буферность почв (154)	
Глава 16. Почвенный раствор и окислительно-восстановительные процессы в почвах	155
16.1. Почвенные растворы (155); 16.2. Окислительно-восстановительные процессы в почвах (157)	

Глава 17. Структура, общие физические и физико-механические свойства почв	160
17.1. Структура почвы и ее агроэкологическая оценка (160);	
17.2. Общие физические свойства почв и их агроэкологическая оценка (163);	
17.3. Физико-механические свойства почв (165)	
Глава 18. Водные свойства и водный режим почв	168
18.1. Формы (категории) воды в почвах. Почвенно-гидрологические константы. Доступность почвенной влаги растениям (168);	
18.2. Сосущая сила почвы и термодинамический потенциал почвенной влаги (173);	
18.3. Водный режим почв (174)	
Глава 19. Почвенный воздух и воздушный режим почв	177
Глава 20. Тепловые свойства и тепловой режим почв	180
20.1. Тепловые свойства почв (180);	
20.2. Тепловой режим почв и его регулирование (182)	
Глава 21. Биологический и питательный режим почв	184
21.1. Биологический режим почв (184);	
21.2. Агрохимические свойства и питательный режим почв (187)	
Глава 22. Плодородие почв	193
22.1. Виды плодородия (194);	
22.2. Относительный характер плодородия (194);	
22.3. Оптимальные параметры состава, свойств и режимов почв (196);	
22.4. Факторы, лимитирующие плодородие почв (197);	
22.5. Атмосферные, литосферные, биосферные и антропогенные факторы продуктивности фитоценозов и урожайности сельскохозяйственных культур (201)	
Часть III. Основы географии и агроэкологическая характеристика почв зонального ряда	204
Глава 23. Классификация почв	204
Глава 24. Общие закономерности географического распространения почв. Почвенно-географическое районирование	212
24.1. Почвенно-географическое районирование (214);	
24.2. Структура почвенного покрова (223)	
Глава 25. Почвы арктической и тундровой зон	231
Глава 26. Почвы таежно-лесной зоны	233
26.1. Условия почвообразования (233);	
26.2. Подзолистые и глееподзолистые почвы (235);	
26.3. Дерново-подзолистые почвы (239);	
26.4. Дерновые почвы (249);	
26.5. Торфяные болотные почвы (252);	
26.6. Болотно-подзолистые почвы (261);	
26.7. Таежные почвы Восточной Сибири и Дальнего Востока (263);	
26.8. Структура почвенного покрова (264)	
Глава 27. Серые лесные почвы лесостепной зоны и бурые лесные почвы широколиственных лесов	267

27.1. Условия почвообразования (267); 27.2. Генезис, строение, состав и свойства серых лесных почв (268); 27.3. Систематика серых лесных почв, агроэкологическая характеристика и особенности сельскохозяйственного использования (271); 27.4. Бурые лесные почвы (буроземы) широколиственных лесов (273)	
Глава 28. Черноземы лесостепной и степной зоны	275
28.1. Условия почвообразования (275); 28.2. Генезис, строение, состав и свойства черноземных почв (277); 28.3. Особенности сельскохозяйственного использования и свойства освоенных черноземов (281); 28.4. Систематика черноземов и краткая характеристика почвенных разностей (285); 28.5. Структура почвенного покрова лесостепной и степной зон (289)	
Глава 29. Каштановые почвы зоны сухих степей и бурые полупустынные почвы	291
29.1. Условия почвообразования (291); 29.2. Генезис, строение, состав и свойства каштановых почв (292); 29.3. Структура почвенного покрова зоны сухих степей (294); 29.4. Систематика и особенности сельскохозяйственного использования каштановых почв (295); 29.5. Бурые полупустынные почвы (296)	
Глава 30. Засоленные почвы и солоды	298
30.1. Засоленные почвы и солончаки (299); 30.2. Солонцы (305); 30.3. Солоды (309)	
Глава 31. Аллювиальные почвы пойм	311
31.1. Особенности условий и процессов почвообразования в поймах рек (311); 31.2. Систематика и свойства (314); 31.3. Сельскохозяйственное использование (317)	
Глава 32. Горные почвы	318
32.1. Особенности условий почвообразования (319); 32.2. Генетические особенности, систематика и свойства горных почв (321); 32.3. Сельскохозяйственное использование горных почв (324)	
Глава 33. Почвы аридных субтропических областей (полупустыни и пустыни)	324
33.1. Условия почвообразования полупустынной и пустынной зоны (325); 33.2. Сероземы (325); 33.3. Серо-бурые пустынные почвы (326); 33.4. Такыры и такыровидные почвы (327)	
Глава 34. Почвы переменного-влажных ксерофитно-лесных и саванных субтропических и тропических областей ..	328
34.1. Коричневые, красно-коричневые и серо-коричневые почвы (328); 34.2. Черные монтмориллонитовые слитые почвы (вертисоли) (329); 34.3. Красные и красно-бурые почвы саванн и сухих тропических редколесий (330)	

Глава 35. Фульватно-ферраллитные почвы влажных лесных субтропических и тропических областей.....	331
Глава 36. Тепличные грунты, их состав и свойства	333
36.1. Требования тепличных культур к субстратам (333);	
36.2. Группировки тепличных грунтов по составу и свойствам (334);	
36.3. Характеристика компонентов тепличных субстратов (337)	
Часть IV. Материалы почвенных исследований и их использование	344
Глава 37. Почвенные карты и картограммы	344
37.1. Теоретические основы картографии почв (344);	
37.2. Методика крупномасштабного и детального картографирования почв (353);	
37.3. Агропроизводственная группировка почв (361);	
37.4. Бонитировка почв (364)	
Глава 38. Агроэкологическая типология и классификация земель	369
38.1. Классификация земель России (369);	
38.2. Агроэкологическая типизация и ландшафтно-экологическая классификация земель (370)	
Глава 39. Использование материалов почвенных исследований	375
39.1. Использование материалов почвенных исследований при землеустройстве, осушении и орошении (376);	
39.2. Использование материалов почвенных исследований при разработке систем земледелия (379);	
39.3. Использование материалов почвенных исследований для разработки мероприятий по охране и восстановлению почв и агроландшафтов (382);	
39.4. Использование материалов почвенных исследований при экономической оценке земель и в земельном кадастре (383)	
Литература.....	385

79p. 50k.